

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

LIBEREC 2013

ONDŘEJ POKORNÝ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: N3108 Průmyslový management

Studijní obor: 3106T014 Produktový management

INOVACE FILTRU PRO ÚČELY
AUTOMOBILOVÉHO PRŮMYSLU
THE FILTER INNOVATION FOR
AUTOMOTIVE INDUSTRY

Ondřej Pokorný

KHT-174

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Eliška Chrpová, CSc.

Rozsah práce:

Počet stran textu ...73

Počet obrázků42

Počet tabulek5

Počet grafů.....7

Počet stran příloh..7

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Ondřej Pokorný**
Osobní číslo: **T10000192**
Studijní program: **N3108 Průmyslový management**
Studijní obor: **Produktový management**
Název tématu: **Inovace filtru pro účely automobilového průmyslu**
Zadávající katedra: **Katedra hodnocení textilií**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Provedte patentovou rešerši na téma filtry v automobilovém průmyslu (použitý materiál, technologie, parametry, vlastnosti, trendy vývoje).
2. Na základě patentové rešerše zhodnoťte trendy inovací filtrů.
3. Na základě získaných znalostí navrhnete inovaci zvoleného typu filtru.
4. Prakticky ověřte inovovaný návrh.
5. Provedte ekonomické zhodnocení.

Rozsah grafických prací:


Rozsah pracovní zprávy: 50 - 60 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:


- [1] Čížek, Z.: Testy materiálů pro automobilový průmysl. Plzeň: AL, 2008.
- [2] Automotive Technology International. London: Sterling Publication Limited, 2010.
- [3] Technische textilien Lörrach GmbH, firemní literatura.
- [4] Tex-Tech Industries, Inc., firemní literatura.

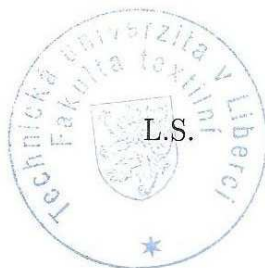
Vedoucí diplomové práce:



doc. Ing. Eliška Chrpová, CSc.
Katedra textilních technologií

Datum zadání diplomové práce: 31. října 2011

Termín odevzdání diplomové práce: 14. ledna 2013


Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka




Ing. Vladimír Bajžík, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2012

Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní

Katedra hodnocení textilií

V Liberci dne 7.1.2013

Žádám o změnu termínu odevzdání diplomové práce z 14.1.2013 na 27.5.2013.

Důvod odkladu odevzdání: přerušení studia.

Děkuji za vyřízení.

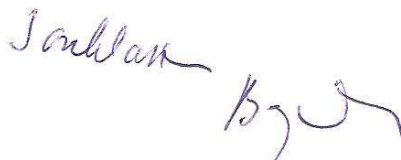


Ondřej Pokorný

Vyjádření vedoucího práce



Vyjádření vedoucího katedry



PROHLÁŠENÍ

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci dne 14.4.2013

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval zejména vedoucí mé diplomové práce Doc. Ing. Elišce Chrpové, CSc. za její odborné vedení a cenné připomínky při vzniku práce. Dále bych rád poděkoval Ing. Jakubovi Hružovi, Ph.D. za umožnění proměření vzorků pro účely diplomové práce v budově Ústavu nových technologií a aplikované informatiky. Děkuji také Ing. Milošovi Rojkovi ze společnosti MANN + HUMMEL za poskytnuté informace a cenné rady při vzniku diplomové práce. V neposlední řadě patří dík i mé rodině za podporu při studiu.

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá inovací filtru pro účely automobilového průmyslu. V úvodní části byly shrnuty druhy filtrů používaných v automobilech a jejich dělení. Dále byly uvedeny základní typy filtrace a filtrační vlastnosti. Pro účely zhodnocení vývoje automobilových filtrů byla zpracována patentová rešerše, na jejímž základě byl k inovaci vybrán motorový vzduchový filtr. Poté byl vytvořen inovovaný vzorek, který byl zároveň podroben laboratornímu měření, při kterém se porovnávaly filtrační vlastnosti původních a inovovaných vzorků. V závěrečné části bylo provedeno ekonomické zhodnocení stávajících filtračních médií v porovnání s inovovanými.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Automobilový filtr

Vzduchový filtr

Inovace

Patentová rešerše

Efektivita

Tlakový spád

ANNOTATION

The diploma thesis deals with filter innovation for the automotive industry. The types of filters used in cars and dividing were summarized in the first part. Further were described basic types of filtration and filtration properties. For the purposes of developmental assessment of car filters was processed the patent research. Based on this research was chosen engine air filter. Subsequently was created innovative sample, which was subjected to laboratory measurements, wherein were compared the filtration properties of the original and innovative sample. The final part contains economic evaluation of existing filter media in comparison with the innovative.

KEY WORDS:

Automotive filter

Air filter

Innovation

Patent search

Efficiency

Pressure drop

Obsah

Úvod	13
1. Filtry používané v automobilech	15
2. Filtrace	16
2.1 Dělení filtrace dle disperzního prostředí	16
2.2 Dělení filtrace dle velikosti filtrovaných částic	17
2.3 Dělení dle způsobu filtrace	18
2.3.1 Plošná filtrace	18
2.3.2 Hloubková filtrace	18
3. Filtrační vlastnosti	19
3.1 Efektivita	19
3.2 Tlakový spád	19
3.3 Propustnost	20
4. Automobilové filtry podle tvaru	21
4.1 Ploché filtry	21
4.2 Skládané filtry	21
4.3 Kapsové filtry	22
4.4 Patronové filtry	23
4.5 Lamelové obtékané filtry	23
5. Palivové filtry	24
5.1 Patentová řešení palivových filtrů	25
5.1.2 Patent č. 260 971	25
5.1.3 Patent č. 1 278 473	25
5.1.4 Patent č. 5 380 432	26
5.1.5 Patent č. EP 1 567 762	26
5.2 Vývoj palivových filtrů dle patentů	27
6. Kabinové filtry	27
6.1 Patentová řešení kabinových filtrů	28
6.1.1 Patent č. 280 970	28
6.1.2 Patent č. 281 270	29
6.1.3 Patent č. EP 1 391 234	29
6.1.4 Patent č. EP 1 934 065	30
6.2 Vývoj kabinových filtrů dle patentů	30
6.3 Částečné kabinové filtry	30
6.4 Kabinové filtry s aktivním uhlím	31
6.5 Kabinové filtry s elektrostatickými vlákny	31
6.6 Typy kabinových filtrů	31

7.	Vzduchové filtry	32
7.1	Patentová rešerše vzduchových filtrů	32
7.1.1	Patent č. 34 212	32
7.1.2	Patent č. 69 865	33
7.1.3	Patent č. 140 968	34
7.1.4	Patent č. 3 860 273	34
7.1.5	Patent č. 1 144 487	35
7.1.6	Patent č. 5 030 256	36
7.1.7	Patent č. 0 534 079	36
7.1.8	Patent č. 280 218	36
7.1.9	Patent č. 288 711	37
7.1.10	Patent č. 3 664-97	37
7.1.11	Patent č. 300 179	38
7.1.12	Patent č. 300 412	39
7.1.13	Patent č. EP 1 400 685.....	39
7.1.14	Patent č. 1 813 341	40
7.1.15	Patent č. US 2008/0 209 871	40
7.2	Vývoj vzduchových filtrů dle patentů	41
7.3	Současnost vzduchových filtrů	42
7.4	Výroba motorových vzduchových filtrů	43
7.4.1	Materiálové složení.....	43
7.4.2	Technologie a postup výroby	44
7.4.3	Zkoušky vyrobených filtrů	45
7.5	Rozdělení vzduchových filtrů podle typu	45
7.5.1	Systém airboxu	45
7.5.2	Systém otevřeného vzduchového filtru	46
7.5.3	Rozdělení podle tvaru	47
8.	Olejové filtry.....	48
8.1	Patentová rešerše olejových filtrů	49
8.1.1	Patent č. CA 233 655.....	49
8.1.2	Patent č. US 224 296	49
8.1.3	Patent č. 78 118	50
8.1.4	Patent č. 78 142	51
8.1.5	Patent č. 3 370 707	51
8.1.6	Patent č. 147 978	51
8.1.7	Patent č. 4 501 660	52
8.1.8	Patent č. 553 637	53

8.1.9	Patent č. 289 544	53
8.1.10	Patent č. US 6 257 417	53
8.1.11	Patent č. 3 008 504	54
8.2	Vývoj olejových filtrů dle patentů	54
8.3	Typy olejových filtrů	55
8.4	Způsoby znečištění motorového oleje	55
9.	Filtry pevných částic.....	56
10.	Opotřebení motorů.....	58
10.1	Stupně opotřebení motorů	58
11.	Inovace vybraného vzorku pomocí nanovláken	60
11.1	Definice nanovláken a jejich vlastnosti.....	60
11.2	Technologie výroby nanovláken	60
11.2.1	Elektrostatické zvlákňování.....	60
11.2.2	Technologie nanospider.....	61
12.	Experimentální část	62
12.1	Popis měřicího zařízení	62
12.2	Popis měření.....	64
12.3	Popis vzorků.....	65
12.3.1	Vzorek č. 1.....	65
12.3.2	Vzorek č. 2.....	65
12.3.3	Vzorek č. 3.....	66
12.3.4	Vzorek č. 4.....	67
12.4	Výsledky experimentu.....	67
12.4.1	Naměřené hodnoty vzorku č. 1	68
12.4.2	Naměřené hodnoty vzorku č. 2.....	69
12.4.3	Naměřené hodnoty vzorku č. 3.....	69
12.4.4	Naměřené hodnoty vzorku č. 4.....	70
12.4.5	Souhrn naměřených hodnot původních vzorků	71
12.5	Inovace vzorku a jeho laboratorní proměření	72
12.5.1	Inovace vzorku sendvičovou konstrukcí s vrstvou nanovláken	72
12.5.1.1	Výsledky laboratorního měření.....	72
12.5.2	Inovace vrstvou nanovláken o plošné hmotnosti 0,60 g/m ²	73
12.5.2.1	Výsledky laboratorního měření.....	74
12.5.3	Inovace vrstvou nanovláken o plošné hmotnosti 1,60 g/m ²	75
12.5.3.1	Výsledky laboratorního měření.....	75
12.6	Porovnání inovovaných vzorků vůči původnímu.....	77
13.	Ekonomické zhodnocení.....	78

13.1	Cenová kalkulace filtračního média původních vzorků.....	78
13.2	Cenová kalkulace filtračního média inovovaných vzorků	79
13.3	Výsledné ekonomické zhodnocení inovace	80
14.	Výsledky a diskuze	81
15.	Závěr	84
	Seznam použité literatury	86
	Seznam obrázků.....	92
	Seznam grafů	93
	Seznam tabulek.....	93
	Seznam příloh	94

ÚVOD

Automobilový průmysl patří mezi největší celosvětové průmysly. Navzdory ekonomické krizi, se kterou se v posledních letech setkává stále více evropských i celosvětových ekonomik, je až téměř neuvěřitelné, že automobilový průmysl jako celek je ve většině případů stále více ziskový a roční produkce automobilů neustále narůstá. Vysoká čísla prodeje nových automobilů jsou určitě podpořena faktem, že prodejní ceny automobilů se za posledních 10 - 15 let rapidně snížily. Bohužel v některých případech je nižší cena na úkor kvality zpracování či použitých materiálů a technologií.

Filtry určené do automobilů se v automobilovém průmyslu začaly objevovat přibližně ve 20. letech dvacátého století. Filtrace se postupně rozšiřovala od filtrace olejových náplní v motorech, filtrace paliva v palivových systémech, filtrace olejových náplní v převodovkách, až po filtraci nasávaného vzduchu do motoru automobilů a filtraci kabinovou. Nejvíce se zvýšily požadavky na filtraci v automobilech za posledních 20 let v důsledku zavedení emisních norem automobilů. Tyto normy se od roku 1992 neustále zpřísnují, a proto jsou výrobci automobilů nuceni zvyšovat efektivitu filtrace u filtrů používaných v automobilech. Přímou s tímto legislativním nařízením souvisí filtry pevných částic a katalyzátory, které omezují znečištění vypouštěné automobily do ovzduší, nicméně i ostatní filtry nepřímo souvisí s emisními normami. Dále jsou na filtry kladeny požadavky na jejich delší životnost z důvodu stále se prodlužujících intervalů výměny provozních kapalin. Prodlužující se intervaly výměn provozních kapalin jsou zapříčiněny loby ekologických aktivistů, abychom se chovali šetrněji k přírodě. Bohužel i v tomto případě jsou prodloužené intervaly výměn provozních kapalin spíše na škodu pro životnost automobilu.

Diplomová práce se zabývá používanými filtry v automobilovém průmyslu, a jsou zde popsány základní filtry, které nalezneme v každém současně vyráběném automobilu. Obsahem práce je patentová rešerše, ve které je popsán vývoj jednotlivých filtrů z technologického hlediska výroby a z vývoje materiálového složení filtrů. Dále je pro účel inovace vybrán vzduchový filtr motoru určený k filtraci prachových částic z nasávaného vzduchu do motoru vozu. V diplomové práci je specifikována inovace vzduchového filtru spolu s laboratorním proměřením předchozího filtru vůči inovovanému. V závěrečné části

je vyčísleno ekonomické zhodnocení případné výroby takto inovovaného vzduchového filtru.

Téma diplomové práce jsem si zvolil z důvodu mého dlouhotrvajícího zájmu o historii, současnost i budoucnost výroby automobilů, a z důvodu mého kladného vztahu k automobilům.

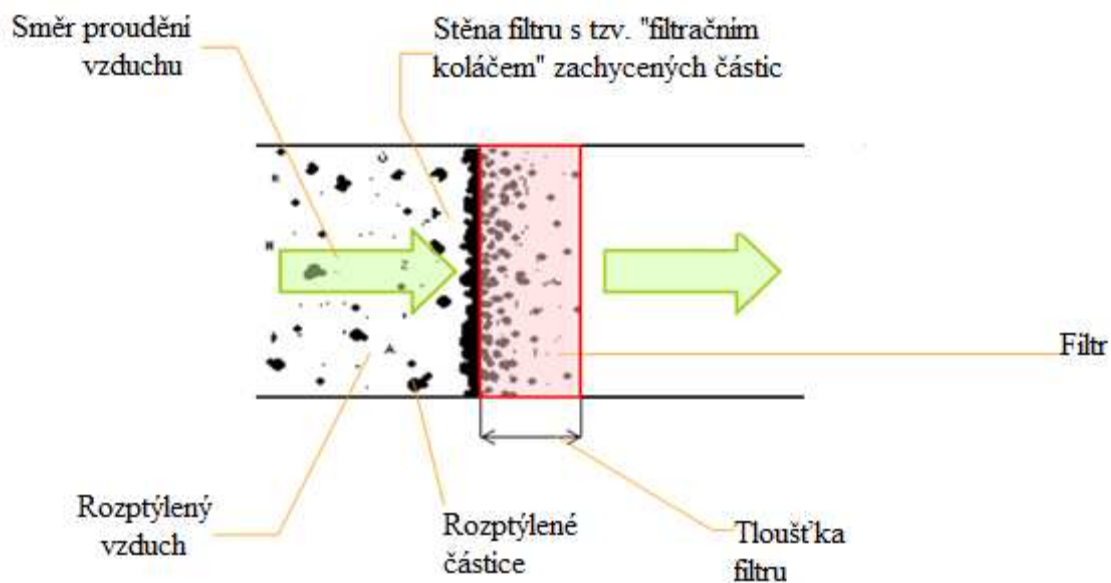
Diagram illustrating the location of various filters and components on a car chassis:

- Čistič vzduchu včetně servisního indikátoru** (Air cleaner with service indicator)
- Vzduchový filtr** (Air filter)
- Filtr chladící kapaliny** (Coolant filter)
- Palivový filtr** (Fuel filter)
- Filtr ostřikovačů** (Washer filter)
- Modul palivového filtru** (Fuel filter module)
- Palivová filtrační vložka bez kovu** (Metal-free fuel filter insert)
- Odlučovač oleje** (Oil separator)
- Odlučovač olejové mlhy** (Oil mist separator)
- Plastový kryt motoru** (Engine cover)
- Airbox vzduchového filtru** (Air filter box)
- Odstředivý olejový filtr** (Centrifugal oil filter)
- Odlučovač oleje klikové skříně** (Crankcase oil separator)
- Olejová filtrační vložka bez kovu** (Metal-free oil filter insert)
- Olejový filtr** (Oil filter)
- Odstředivka** (Centrifuge)
- Vysoušeč vzduchu** (Air dryer)
- Hydraulický filtr odpružení podvozku** (Chassis shock absorber hydraulic filter)
- Filtr palivového ostřikovače** (Fuel injector filter)
- Palivový filtr v nádrži** (Fuel filter in tank)
- Filtr větrání nádrže** (Tank ventilation filter)
- Naftový filtr** (Diesel filter)
- Filtr převodového oleje** (Gear oil filter)
- Kabinový filtr** (Cabin filter)
- Močovinný filtr** (Urea filter)
- Filtr posilovače řízení** (Steering assist filter)
- Filtr brzdové kapaliny** (Brake fluid filter)

15

2. FILTRACE

Filtrace je proces, při kterém dochází k oddělení pevné látky od kapaliny nebo plynu na povrchu porézního materiálu nebo v něm. Pokud dochází k filtraci uvnitř filtru, pak se jedná o filtraci hloubkovou. [1]



Obrázek 2 - schematické zobrazení filtrace [zdroj: 1]

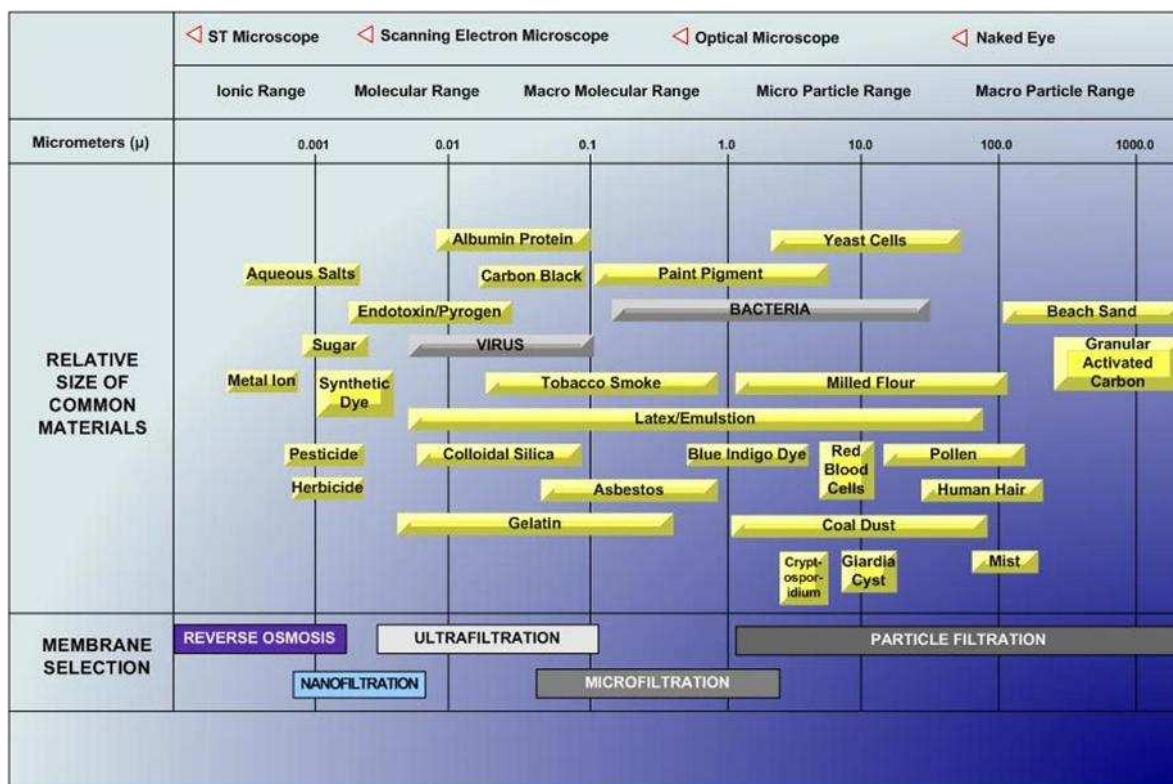
2.1 Dělení filtrace dle disperzního prostředí

Filtraci dělíme dle filtrovaného média na filtraci vzduchovou a kapalinovou:

- vzduchová filtrace je použita v automobilovém průmyslu pro filtraci přiváděného vzduchu do motoru a také pro filtraci vzduchu do kabiny automobilu
- kapalinová filtrace je použita pro filtraci paliva a oleje. Je zde uplatněn plošný způsob filtrace – síťový efekt. [1]

2.2 Dělení filtrace dle velikosti filtrovaných částic

- hrubá filtrace – jedná se o částice velikosti $10^{-6} \text{ m} < dp$
- mikro filtrace – jedná se o částice velikosti $10^{-7} < dp < 10^{-6}$
- ultrafiltrace $10^{-8} < dp < 10^{-7}$
- nanofiltrace $10^{-9} < dp < 10^{-8}$
- reverzní osmóza $dp < 10^{-9}$

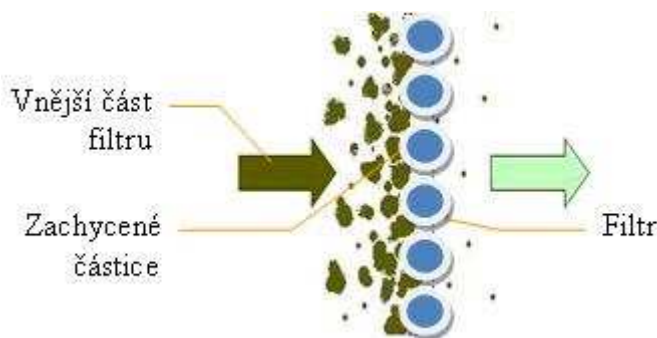


Obrázek 3 - dělení filtrace dle velikosti filtrovaných částic [zdroj: 1]

2.3 Dělení dle způsobu filtrace

2.3.1 Plošná filtrace

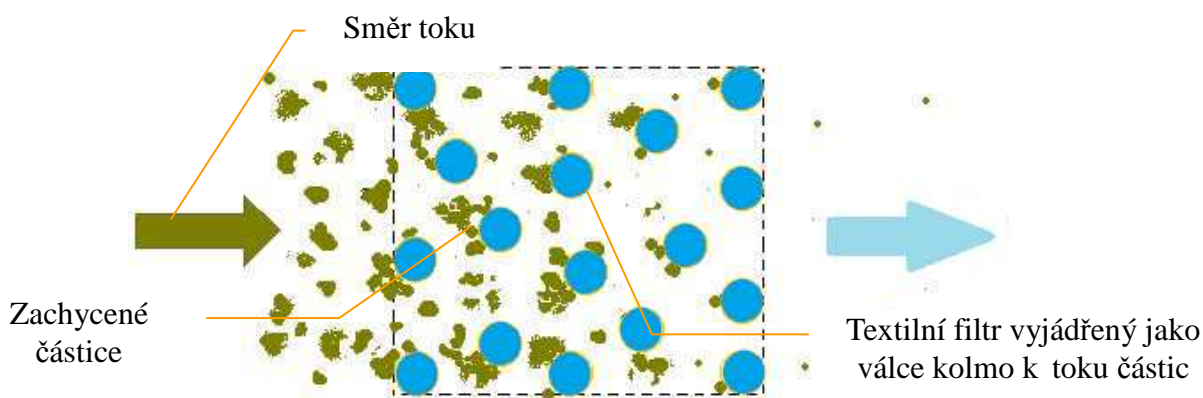
Při plošné filtraci jsou částice zachytávány na povrchu filtru a zároveň dochází k tzv. síťovému projevu, kdy dochází k zachytávání větších částic, než jsou velikosti pórů mezi vlákny filtru. Typickými filtračními materiály, u kterých se projevuje síťový jev – spunbond, netkané textilie lisované za tepla (zejména vpichované), či tkaniny s předem nastavenou dostavou případně se zátěrem. [1]



Obrázek 4 - plošná filtrace [zdroj: 1]

2.3.2 Hlubková filtrace

Při hloubkové filtraci dochází k zachycení částic na povrchu vlákna pomocí mezi-povrchových sil mezi vlákny a částicemi. Hlubkové filtry umějí zachytit i menší částice, než jsou mezery mezi jednotlivými vlákny, jelikož se na vlákna nabalují částice, které postupně zmenšují prostor mezi vlákny. Technologie výroby filtrů určených k hloubkové filtraci jsou – spunlace, meltblown, vpichované textilie a netkané textilie pojené chemicky či termicky. [1]



Obrázek 5 - hloubková filtrace [zdroj: 1]

3. FILTRAČNÍ VLASTNOSTI

3.1 Efektivita

Efektivita filtrů nám vyjadřuje podíl zachycených částic ku celkovému množství filtrovaných částic. Efektivita filtru se postupně mění s rostoucím množstvím zachycených částic na filtru v průběhu filtrace. [1,3]

$$E = \left(1 - \frac{G_1}{G_2}\right) * 100[\%]$$

G_1 - množství částic nezachycených filtrem

G_2 – celkové množství filtrovaných částic

3.2 Tlakový spád

Tlakový spád vyjadřuje odpor filtru vůči toku disperzního prostředí. Při filtraci je vhodné mít filtr s vysokou efektivitou a zároveň nízkým tlakovým spádem. Vlivem postupného zanášení filtru zachycenými částicemi se zvyšuje tlakový spád. Toto zvyšování tlakového spádu je nežádoucí, jelikož filtr není schopen absorbovat požadovaný objem disperzního prostředí a dochází tím buď k úplnému ucpání filtru, nebo v horším případě k jeho protržení. [1,3]

$$\Delta p = p_1 - p_2$$

p_1 - tlakový spád před filtrem

p_2 - tlakový spád za filtrem

3.3 Propustnost

Propustnost je schopnost transportovat předem definovaným průřezem filtračního materiálu dané množství disperzního prostředí. Propustnost materiálu můžeme počítat čtyřmi způsoby. [1,3]

- propustnost definovaná pouze pro vzduch dle norem.

$$k_1 = \frac{Q}{A}$$

k_1 - prodyšnost (l/dm²/min)

Q - průtok disperzního prostředí (l/min)

A - plocha průřezu filtru

- propustnost pro plyn a tekutiny

$$k_2 = \frac{Q}{A \cdot \Delta p}$$

k_2 - koeficient propustnosti

Δp - tlakový spád

- propustnost se započítáním viskozity a tloušťky filtru

$$k_3 = \frac{Q \cdot h \cdot \eta}{A \cdot \Delta p}$$

k_3 – koeficient propustnosti

η - dynamická viskozita

h – tloušťka filtru

- model Hagen-Dupuit-D'Arcy's

$$\Delta p = \frac{\eta \cdot h}{K_3 \cdot A} \cdot Q + \frac{\rho \cdot C \cdot h}{A} \cdot Q^2$$

k_4 – koeficient propustnosti

C – koeficient nelinearity

Tento model se využívá pro vypočítávání propustnosti viskózních tekutin, kde je vztah mezi tlakovým spádem a průtokem disperzního prostředí nelineární. [1,3]

4. AUTOMOBILOVÉ FILTRY PODLE TVARU

Vzhledem ke skutečnosti, že každý filtr umístěný v automobilu má odlišné požadavky na tvar, funkci a filtrační vlastnosti, provádíme dle následujícího dělení:

- ploché filtry
- skládané filtry
- kapsové filtry
- patronové filtry
- lamelové obtékané filtry. [2]

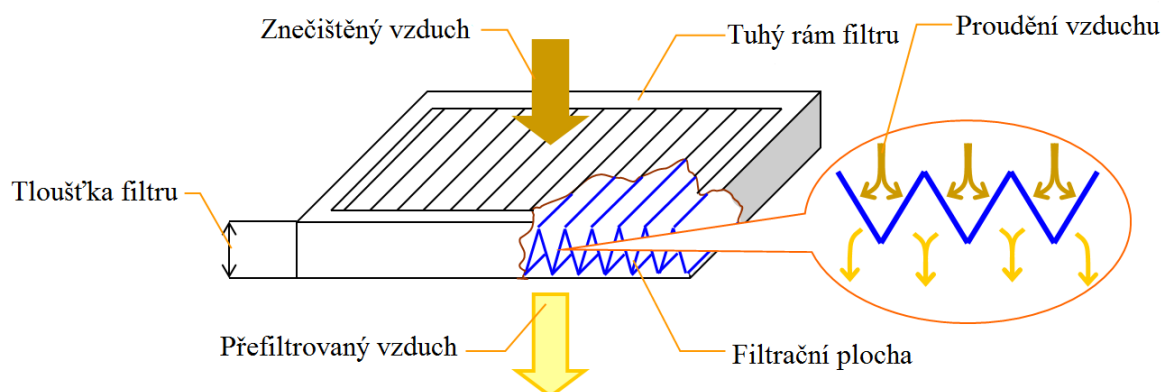
4.1 Ploché filtry

Jedná se o základní typ filtru, který je vyráběn poměrně jednoduchými technologiemi. Ploché filtry jsou buď tenké, které jsou určeny pro povrchovou filtraci nebo mohou být objemné, a ty jsou určeny pro hloubkovou filtraci.

Jsou vyráběny většinou jako netkané textilie technologií spunbond, spunbond-meltblown nebo u objemných netkané textilie vpichované a termicky pojené. V automobilech se používají zejména jako kabinové filtry v levnějším provedení případně jako předfiltry pro kabinové filtry. [2]

4.2 Skládané filtry

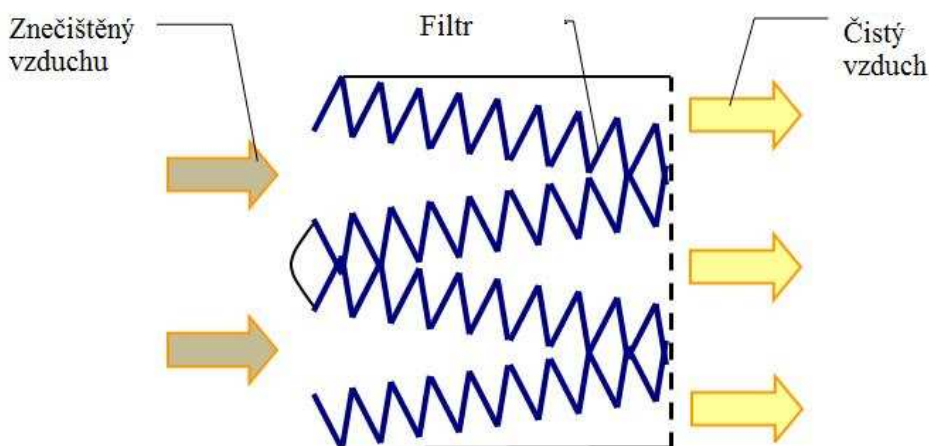
Skládané filtry jsou vysoce účinné, jejichž účinnost je dána sklady, které zvyšují filtrační plochu. Tyto filtry mají nejen vyšší účinnost, ale i vyšší tlakový spád. Vyšší tlakový spád je částečně eliminován sklady. K výrobě skládaných filtrů se mohou používat pouze materiály svou tuhostí podobné papíru, neboť jiné materiály by v takto naskládaném tvaru nedržely. Technologií výroby se jedná o lisované netkané textilie nebo naplavované vrstvy ze syntetických vláken, případně skleněných mikrovláken. U skládaných filtrů je potřeba sklad umístit do neprodyšného rámu s tloušťkou 1 – 4 cm. Používají se jako kabinové filtry nebo vzduchové filtry motorů. Skládané filtry jsou také v některých případech vyztuženy pomocnou kovovou síťovinou, která udržuje tvar filtru po celou jeho životnost. [2]



Obrázek 6 – skládaný filtr [zdroj: 2]

4.3 Kapsové filtry

Kapsové filtry se velice podobají skládaným filtrům. Jejich tloušťka je ovšem daleko vyšší. Tloušťka filtru je většinou stejně velká jako ostatní dva rozměry. Z tohoto důvodu jsou kapsové filtry ve tvaru krychle nebo kvádra. Výhodou kapsových filtrů je možnost použít takřka jakýkoliv materiál k výrobě. Nemusí být tuhý jako při výrobě skládaných filtrů. Nevýhodou těchto filtrů je však větší rozměr a vyšší cena. Ta je vyšší zejména proto, že je nejprve vyráběna kapsa, která je pak ručně vkládána do rámu. U kapsových filtrů lze kombinovat technologii skládaných a kapsových filtrů viz obrázek č. 7, pro jejich lepší účinnost. Kapsové filtry se používají jako filtry kabinové. [2]



Obrázek 7 - kapsový filtr [zdroj: 2]

4.4 Patronové filtry

Patronové filtry jsou tvořeny perforovanou dutinkou, která je základním nosným prvkem filtru. Filtrační vrstva je na dutince skládaná. Výhodou těchto filtrů je velká filtrační plocha při malých rozměrech filtru a samotěsnící schopnost vrstvy. Patronové filtry jsou vhodné zejména pro kapalinovou filtraci. Používají se ale i pro kabinovou filtraci a filtraci vzduchu motoru. Patronové filtry se vyrábějí i ve speciálním provedení, u kterého je filtr kónického tvaru. Filtrační plochy nakloněné pod určitým úhlem nám zajistí menší zakřivení proudnic při průtoku, a proto jsou vhodné k filtraci rychle proudících tekutin. [2]

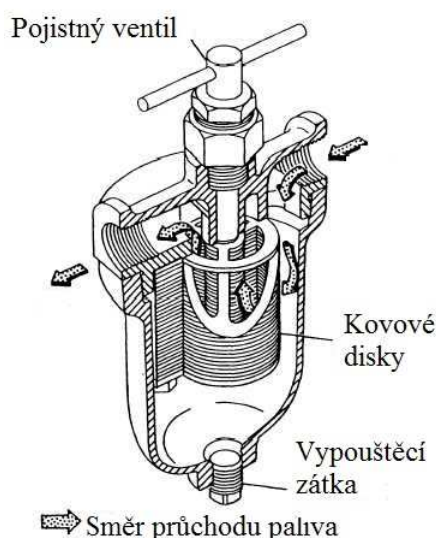
4.5 Lamelové obtékané filtry

Nejedná se o klasické filtry, jelikož filtrované médium neprochází přes filtr, ale pouze ho obtéká. Toto médium proudí podél povrchu. Lamelové obtékané filtry jsou méně účinné ve smyslu efektivity zachycení filtrovaných částic. Na druhou stranu mají minimální tlakový spád, a proto jsou vhodné k filtraci spalin motoru ve výfukovém systému. [2]

5. PALIVOVÉ FILTRY

Současné nejmodernější spalovací motory jsou velice citlivé na kvalitu paliva. To může být znehodnoceno více způsoby, avšak znehodnocení bohužel není nikdy odhaleno dříve, než dojde k poškození motoru. Aby nedocházelo k poškození motoru, je v palivovém systému namontován palivový filtr, který zachycuje případné nečistoty.

Znehodnocení paliva je buď způsobeno špatným skladováním, kdy dochází ke kondenzaci vody nebo špatným skladováním, kdy dochází ke znečištění mechanickými částicemi. Ke znehodnocení může docházet i na dně palivové nádrže automobilu, kde se mohou vytvářet sedimenty případně kondenzací voda. [6]



Obrázek 8 - schéma palivového filtru [zdroj: 6]

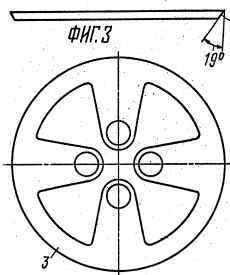
Palivové filtry zachycují nečistoty o velikosti 5 až 10 mikrometrů. Palivový filtr se nachází buď v místě u palivové nádrže, nebo v místě motorového prostoru. Je složen z kovového nebo plastového těla, pod nímž se ukrývá samotný filtr, který má dva otvory pro palivo. Prvním otvorem přitéká palivo z nádrže do filtru a druhým otvorem odtéká z filtru palivo, ze kterého jsou již odstraněny případné nečistoty. Na horní části filtru je pojistný ventil, který v případě zvýšení tlaku paliva uvnitř filtru dovolí odpuštění přebytečného množství. Ve spodní části filtru je vypouštěcí ventil. Palivový systém automobilu se skládá z palivové nádrže (v některých modelech automobilů se jedná o dvě nádrže), z palivového

čerpadla, které je osazeno na dně palivové nádrže, a z palivového filtru, který je umístěn před palivovým čerpadlem. [6]

5.1 Patentová rešerše palivových filtrů

5.1.2 Patent č. 260 971

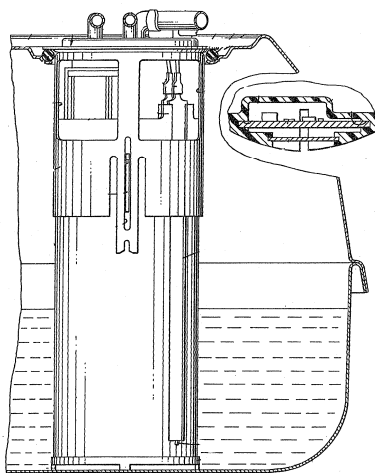
V roce 1984 byl zaregistrován první patent týkající se palivového filtru používaného v automobilovém průmyslu. Ruský vynálezce Alexandr Valentinovič Bolšakov z Leningradu vynalezl samočisticí palivový filtr. Filtr se skládal ze základního tělesa, kuželového filtračního prvku a vibračního pohonu. Filtrační prvek byl proveden ve formě sady plochých kotoučů, které byly naskládány ve vertikální poloze do kónického tvaru. Jejich vnější hrany byly skoseny pod úhlem 19° až 45° . Kotouče byly mezi sebou spojeny čtyřmi sloupky, které probíhaly skrze celý filtr. [7]



Obrázek 9 - palivový filtr dle patentu č. 260 971 [zdroj: 7]

5.1.3 Patent č. 1 278 473

Americká společnost Walbro v roce 1986 uvedla inovovaný palivový filtr pro účely automobilového průmyslu. Jednalo se o patent, který byl tvořen navzájem různě navazujícími částmi palivové soustavy. Základní část byla tvořena palivovou nádrží, ve které byl v určité části horizontálně umístěn filtrační prvek. Prvek se skládal z palivového čerpadla umístěného v horní části nádrže a palivového filtru umístěného na samém dnu palivové nádrže. Tyto dvě části tvořily navzájem propojený systém. Palivové čerpadlo bylo sice umístěno v horní části, ale tím, že bylo propojeno s palivovým filtrem jednou komorou, docházelo vztlakem k filtraci i malého množství paliva v nádrži. Palivové čerpadlo bylo přístupné z vnější části nádrže a v případě potřeby bylo demontovatelné, čímž byl umožněn přístup k palivovému filtru při jeho výměně. [8]



Obrázek 10 - palivový filtr dle patentu č. 1 278 473 [zdroj: 8]

5.1.4 Patent č. 5 380 432

V roce 1995 americký vynálezce Timothy Brandt představil inovovaný palivový filtr. Inovace byla směřována zejména k vznikajícímu elektrostatickému náboji u palivových filtrů. Jeho palivový filtr byl vyroben z elektricky nevodivého materiálu. Filtrační médium není při průchodu palivovým filtrem nabitě elektrostatickými výboji. Filtr obsahoval vodivá vlákna, která shromažďovala elektrostatický náboj. Vodivá vlákna byla tvořena uhlíkovými vlákny, která tvořila 2 % z palivového filtru. [9]

5.1.5 Patent č. EP 1 567 762

V roce 2003 si italská společnost UFI Filters nechala patentovat svůj vynález u patentového úřadu. Palivový filtr byl určen zejména pro dieselové motory s vysokotlakým přímým vstřikováním paliva. U tohoto typu motorů je rychlost přivádění paliva do vstřikovacího čerpadla motoru mnohem větší, než je potřeba pro chod motoru. Palivo v tomto případě neslouží pouze k zajištění chodu motoru, ale je určeno také jako mazivo a chladio pro vstřikovací čerpadlo. Palivo, které není vstříknuto do válců a stává se tím přebytečné, je ohříváno odebráním tepla z čerpadla a je vedeno zpět do palivové nádrže vozidla. Takto vrácené palivo dosahuje teploty až 100° Celsia. Je nutné redukovat teplotu paliva v palivovém systému. Redukce je provedena měřícím zařízením, které je spojeno ve spodní části palivového filtru. Měřící zařízení je dále propojeno s měřením přítomnosti vody na dně palivového filtru. Odstranění vody z palivového systému je velice žádoucí, jelikož voda oxidační s kovovými součástmi, se kterými přichází do styku. Voda

díky své nižší měrné hmotnosti oproti palivu zůstává na dně palivového filtru. V něm je umístěn plovák, který sleduje množství vody ve filtru. Plovák má nižší měrnou hmotnost než palivo, ale vyšší než voda. Z tohoto důvodu je hladina vody hlídána efektivně a po dosažení maximální hladiny je voda z filtru odpuštěna. [10]

5.2 Vývoj palivových filtrů dle patentů

Palivové filtry se v automobilech používají od třicátých let 20. století. Z počátku se jednalo o velice jednoduché konstrukce palivových filtrů, které byly tvořeny kovovými sítý případně kovovými plochými kotouči spojenými kovovými tyčemi. Postupně byly palivové filtry vyráběny s elektrostaticky nabitými vlákny, která zachytávala nečistoty v palivové soustavě. V současné době se jedná nejen o filtry jako takové, ale dokonce mají za úkol chladit palivo přiváděné do vznětových motorů.

6. KABINOVÉ FILTRY

Kabinové filtry jsou v současné době také nepostradatelné jako součást výbavy každého nového automobilu. Se stále zvyšujícím se provozem na pozemních komunikacích dochází ke stále většímu znečištění ovzduší a posádka vozu se při jízdě automobilem stává přímým účastníkem vysoce znečištěného ovzduší. Jedná se o prachové částice, pyly a škodlivé plyny. Kabinové vzduchové filtry jsou takové filtry, které jsou namontovány v přední části automobilu v prostoru mezi motorovým prostorem a kabinou automobilu. Jsou umístěny u vstupního otvoru přiváděného vzduchu do kabiny vozu. Filtr je vždy umístěn před ventilátorem, který fouká pročištěný vzduch potrubím do kabiny. Velice důležitým požadavkem na kabinové filtry je nanesení nehořlavé, samozhášivé vrstvy. Toto opatření je od roku 2002, kdy ve své vyšetřovací zprávě byla uveřejněna příčina požáru v tunelu pod horou Mont Blanc. Při vyšetřování této tragédie, při které zemřelo 39 lidí, byla zjištěna jako příčina vzplanutí hořící nedopalek. Od nedopalku se vzňal automobil značky Volvo. Ohniskem požáru se stal právě kabinový filtr. Kabinové filtry rozlišujeme podle materiálového složení a jejich výkonu filtrace. [11,12]

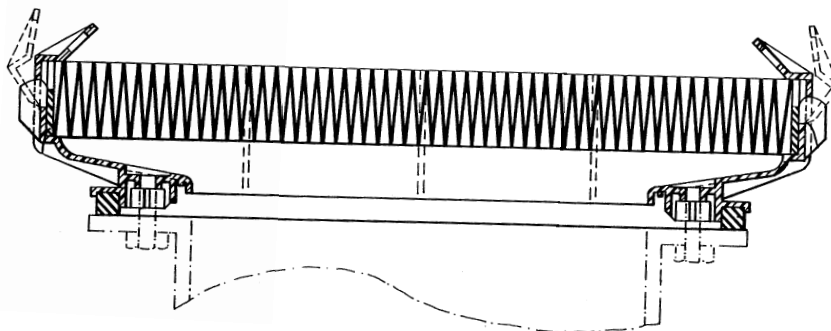


Obrázek 11 - umístění kabinového filtru v automobilu [zdroj: 2]

6.1 Patentová řešení kabinových filtrů

6.1.1 Patent č. 280 970

V roce 1994 byl uveřejněn první patent týkající se kabinového filtru společností MANN + HUMMEL. Filtr byl určen k filtraci vzduchu pro cestující přiváděného do kabiny vozu. Cílem patentu bylo vyrobit filtr, který by měl jednoduše vyměnitelnou filtrační vložku, a u kterého by se tato vložka dala vyrobit za nízké náklady. Předností vynálezu byla jednoduchá konstrukce. Plocha vstupu surového vzduchu odpovídala průřezu filtrační vložky. Tím byly určeny předpoklady pro jednoduchou montáž a filtrovaný vzduch mohl proudit do filtračního prvku bez zábran. Kabinový filtr neměl krycí víko, tudíž byly kladeny vysoké požadavky na přesné a těsné umístění filtrační vložky na těleso. Těleso se vyrábělo z termoplastu včetně držáků filtru. Z tohoto důvodu mohly být vyráběny filtry dle patentu levněji. Držák filtru byl opatřen minimálně jedním žebrem. Žebro působilo na vestavěnou vložku silou, takže bylo zaručeno bezpečnější upevnění filtrační vložky v tělese. Filtrační vložka byla tvořena z varhánkovitě složeného rouna nebo papíru a byla ohraničena polyuretanovým těsněním. [14]



Obrázek 12 - kabinový filtr dle patentu č. 280 970 [zdroj: 14]

6.1.2 Patent č. 281 270

O rok později si společnost MANN + HUMMEL nechala patentovat inovaci výše uvedeného kabinového filtru. Jednalo se zejména o nově vytvořený adaptér, kterým bylo možné vybavit libovolně tvarované těleso a osadit ho normovaným filtrem. Zatím co se filtrační vložka musela pravidelně vyměňovat, adaptér zůstal v tělese. Normovaná filtrační vložka se dala snadno vyrábět i vyměňovat. Oproti tomu se vyráběly filtrační vložky, které byly přilícovány nákladnými těsníci profily popřípadě profily plastovými. Filtrační vložka byla uvnitř adaptéru fixována pomocí krycí klapky, která uzavírala celé těleso. Filtrační prvek se opět vyráběl z varhánkovitě složeného papírového nebo plastového rouna opatřeného polyuretanovou pěnou. [15]

6.1.3 Patent č. EP 1 391 234

V roce 2003 si společnost Behr nechala patentovat kabinový filtr. Jednalo se zejména o inovaci rámu a jeho utěsnění v tělese filtru. Podle inovace obsahoval rám přechýlující okrajové pásy, které vytvářely zalomením či přeložením chlopně. Podle druhu konstrukce tělesa filtru mohly být chlopně zalomeny směrem dovnitř nebo ven, a přitom byly na těleso filtru uloženy s pružným předpětím, čímž se dosáhlo velice dobré těsnicí funkce. Chlopně byly dopředu v místech ohybu perforovány, aby mohlo dojít snáze k ohybu. Těsnicí chlopně se skláněly směrem k sobě, tzn., že se při ohybu překrývaly. Tím byly ležící chlopně na základě tlaku proudění vzduchu stlačeny na těleso filtru. [16]

6.1.4 Patent č. EP 1 934 065

Společnost Daimler si v roce 2007 patentovala kabinový filtr dle svého vynálezu. Cílem bylo vynalézt filtr s jednoduchou montáží, který bude v namontovaném stavu dobře polohově zajištěn. Takto zkonstruovaný vzduchový filtr měl rám filtru a v něm se upevňovalo filtrační médium. Filtr byl podél svého plošného průběhu zasunutelný do rámu filtru. Namontovaný filtr se utěsnil svou konstrukcí a konstrukcí rámu. Filtr i konstrukce rámu byly opatřeny drážkami, aby mohlo dojít k pohodlné manipulaci a aby byl filtr umístěn dle směrových požadavků. Konstrukce kabinového vzduchového filtru nám zajišťovala vytvoření nízké hladiny hluku oproti předchozím filtrům. Filtrační médium bylo naskládáno ve tvaru harmoniky ve směru zasouvání filtru do rámu, aby se předešlo případnému poškození. [17]

6.2 Vývoj kabinových filtrů dle patentů

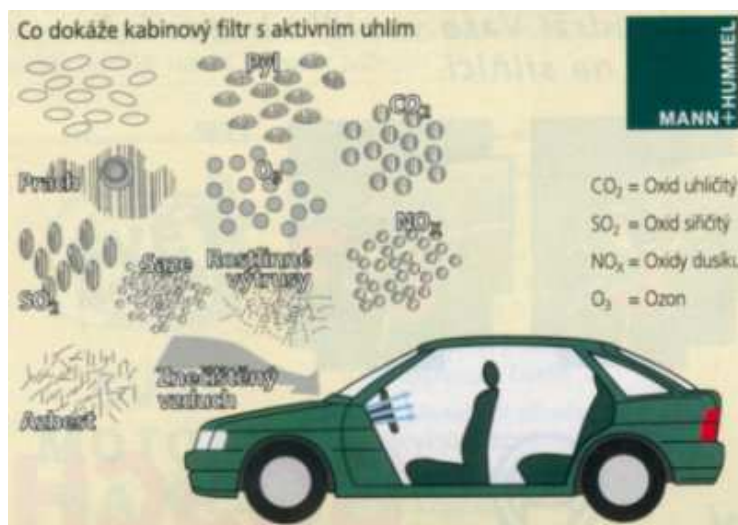
Kabinové filtry jsou oproti ostatním filtrům používaným v automobilech poměrně novou záležitostí. U dřívějších automobilů tyto filtry nebyly standardem. Jejich počátek se datuje od druhé poloviny devadesátých let 20. století. Filtrační vložka byla konstruována obdobně jako vložka vzduchové motorové filtrace dříve používaných filtrů. Jednalo se o skládaný filtrační papír či vlákenné rouno do tvaru harmoniky, které bylo na koncích opatřeno těsnicí polyuretanovou pěnou. Z tohoto důvodu patenty na kabinové filtry neřešily konstrukční a materiálové složení filtrů, ale spíše systém uchycení filtru, jejich těsnicí části a jednoduchost výměny. V posledních letech byly vyvinuty částicové kabinové filtry, kabinové filtry s aktivním uhlím a kabinové filtry s elektrostatickými vlákny, které zlepšují filtrační vlastnosti.

6.3 Částicové kabinové filtry

Částicové filtry jsou základním provedením v oblasti kabinových filtrů. Jsou konstruovány tak, aby zachytávaly prach, pyly, výfukové spaliny a ostatní nečistoty. Vyrábějí se buď v levnějším provedení jako jednovrstvé, nebo v dražším provedení jako dvouvrstvé. U dvouvrstvých provedení jsou složeny ze dvou různých filtračních vrstev, z nichž jedna je určena k filtraci hrubých nečistot a druhá k jemnější dofiltraci. [11]

6.4 Kabinové filtry s aktivním uhlím

Dvouvrstvé kabinové filtry jsou rozšířeny o další vrstvu s aktivním uhlím. Tato vrstva dokáže pohlcovat molekuly škodlivých plynů, jako jsou kysličníky dusíku a ozon. Filtry s aktivním uhlím proto filtrují prach a pyly, ale také plyny a zápachy. Filtry vybavené vrstvou z aktivního uhlí dokážou zachytit částice o velikosti do 0,5 mikrometru na 95 % a částice v rozmezí 0,5 až 1 mikrometru na 99,9 %. [17]



Obrázek 13 - nečistoty zachytávané filtry s aktivním uhlím [zdroj: 11]

6.5 Kabinové filtry s elektrostatickými vlákny

Kabinové filtry s elektrostaticky nabitými vlákny jsou určeny k filtraci nejjemnějšího znečištění. Proto jsou doporučovány do méně prašného prostředí, kde nejsou nečistoty velkých rozměrů a kde je znečištění malé. Jsou to filtry vysoce účinné, jelikož vlivem elektrostatického náboje přitahují i ty nejmenší nečistoty. Jejich nevýhodou je fakt, že pokud dojde k filtraci vzduchu s vysokou koncentrací prachových částic, je zanesen daleko dříve, než filtr bez elektrostatického náboje. [11,50]

6.6 Typy kabinových filtrů

Jako kabinové filtry se používají filtry skládané nebo patronové skládané s vysokou účinností filtrace. [11]

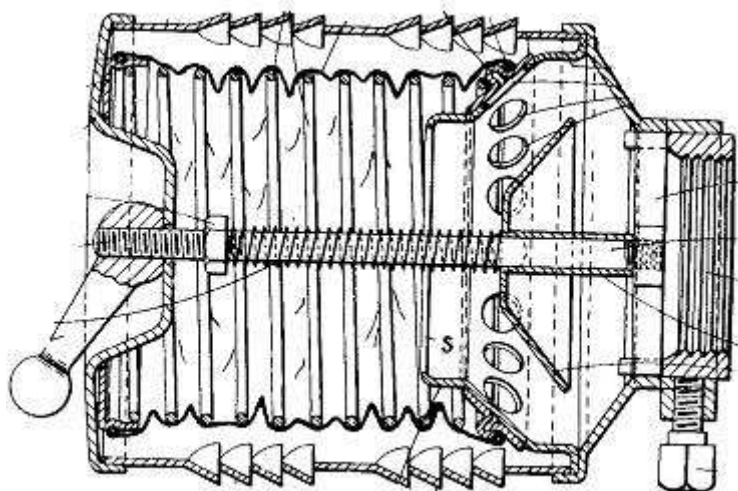
7. VZDUCHOVÉ FILTRY

Vývoj vzduchových motorových filtrů je založen na současných požadavcích na výkon filtrů. Důležitost filtrace nasávaného vzduchu se neustále zvyšuje vzhledem ke stále se zpřísnujícím emisním normám automobilů. Kvalita nasávaného vzduchu do motoru má vliv na množství vypouštěných škodlivin při používání spalovacích motorů. Dále také na kvalitě vzduchového filtru závisí spotřeba paliva a celková životnost motoru. Vzhledem k různorodosti dnešních automobilů a jejich odlišnému způsobu využití jsou kladeny rozdílné požadavky na jednotlivé vzduchové filtry. Ty se dělí podle tvaru a velikosti, materiálového složení vzhledem ke konstrukčnímu řešení motoru a motorového prostoru, a také vzhledem ke způsobu využívání filtru – pro jaký druh automobilu je filtr konstruován.

7.1 Patentová rešerše vzduchových filtrů

7.1.1 Patent č. 34 212

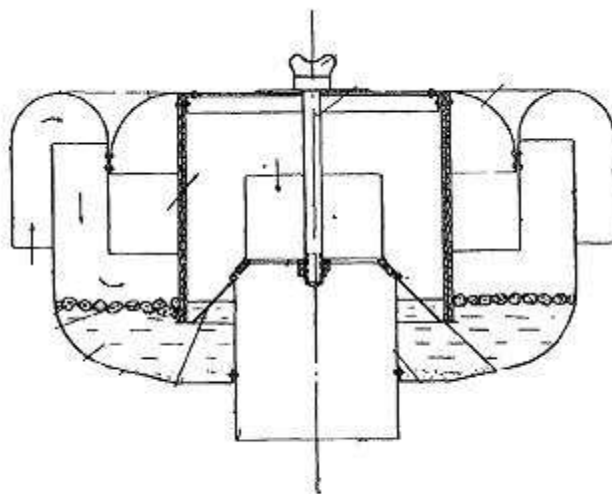
Historie vzduchových filtrů pro spalovací motory se datuje od roku 1930, kdy si vynálezce Perry Barr nechal patentovat svůj výrobek. Jednalo se o patent vzduchového filtru, který se skládal z filtru a z drátěného tkaniva, které obklopovalo šroubovou pružinu. Filtr byl opatřen dvěma ventily, které sloužily k upouštění přebytečného vzduchu uvnitř filtru při dosažení vysokého tlaku. Přebytečný vzduch ve filtru vznikl při výbuchu v klikové skříni po předchozí kompresy u dvoutaktních spalovacích motorů. Dále byl filtr konstruován tak, že pokud došlo k jeho ucpání, přiváděný vzduch do motoru se odklonil mimo průchod filtrem, a tudíž i po ucpání byl zajištěn chod motoru. Nevýhodou řešení byl právě chod motoru bez přefiltrovaného vzduchu, jelikož během takového chodu docházelo k nadměrnému opotřebení motoru. [18]



Obrázek 14 - vzduchový filtr dle patentu č. 34 212 [zdroj:18]

7.1.2 Patent č. 69 865

Postupem času se zvyšovaly nároky na vzduchové filtry, a tak došlo v roce 1940 k jejich vylepšení. Nově se v automobilovém průmyslu začaly uplatňovat vzduchové filtry s kapalinovou náplní, které ovšem nebyly úplnou novinkou, jelikož obdobně řešené filtry se již dříve používaly v jiných odvětvích. Avšak tyto se nedaly využít v automobilovém průmyslu, jelikož nesplňovaly veškeré požadavky tomu určené. Pan Ing. Antonín Železný proto ve svém patentu upravil stávající filtr tak, aby se dal použít v automobilovém průmyslu. Filtr byl zhotoven z několika dílů plechu stlačením a lisováním. Olejová náplň se rozprostírala v jímce, která tvořila válcovitou nádobou. Uprostřed jímky byla přívodní trubice pro vzduch k filtraci. Vzduch se trubicí dostával na hladinu, na které plavala menší tělíska z korku, která měla menší objemovou hmotnost než olej. Vrchní díl filtru byl tvořen plechovým žlabem ve tvaru U, který se umísťoval obráceně tak, aby mezi hladinou a plechovým žlabem vznikl prostor pro proudící (filtrovaný vzduch). Dále se filtr skládal z odvodních trubic vzduchu z filtru do motoru. Úpravami došlo ke zvětšení olejové plochy oproti olejovým filtrům, které se nepoužívaly v automobilovém průmyslu. Na povrchu korkových tělísek docházelo kulpívání prachových nečistot a v důsledku otřesů filtru při provozu automobilu docházelo k neustálému omývání ploch těchto korků. Omývané nečistoty zůstávaly na dně olejové náplně. [19]



Obrázek 15 - vzduchový filtr dle patentu č. 69 865 [zdroj:19]

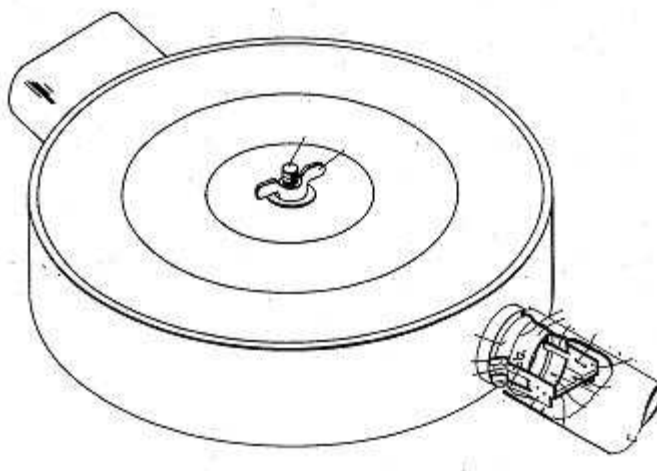
7.1.3 Patent č. 140 968

V roce 1968 si rakouský vynálezce Ing. Hans Pressler nechal patentovat úpravu olejového vzduchového filtru, který se úpravou stal použitelnější pro více typů automobilů. Vzduchový filtr dle patentu byl vylepšen tak, že fungoval i při značném šikmém náklonu, při obrácení proudu vzduchu ve filtru a při pulsaci v potrubí. Nedocházelo k odsávání částecek korku z olejové lázně a po obnovení normálního průtoku vzduchu pracoval správně dál. Správná funkce vzduchového filtru při šikmém náklonu byla vyžadována ze strany výrobců terénních vozidel. Vzhledem k necitlivosti filtru vůči silným pulsacím nebo dokonce obrácení se vzduchu, byl filtr vhodný pro použití u motorů vybavených motorovou brzdou. [20]

7.1.4 Patent č. 3 860 273

V roce 1974 byl patentován vynález Steva Petruse. V této době se již upustilo od filtrů s kapalinovou náplní, ale nově se začaly používat filtry, které jsou známé s různými inovacemi dodnes. Jednalo se o vzduchový filtr, který byl schován v plechovém obalu ve tvaru válce s převážujícím horizontálním rozměrem oproti vertikálnímu. Válec měl horní víko, které tvořilo vrchní stranu válce. Vzduchový filtr byl uložen uvnitř plechového obalu, kde se nacházela uprostřed závitová tyč dosahující nad víko, ve kterém byl uprostřed otvor pro závitovou tyč. Po vložení filtru a položení víka na horní část filtru

se víko zajistilo šroubem, který se namontoval na závitovou tyč. Vzduchový filtr měl potrubí pro přivádění vzduch do filtru a také potrubí pro přefiltrovaný vzduch do motoru. V průběhu používání filtru se však ukázalo, že je nevyhovující, jelikož není dokonale utěsněn prostor mezi filtrem a víkem, a tudíž dochází i k nasávání nepřefiltrovaného vzduchu. [21]



Obrázek 16 - vzduchový filtr dle patentu č. 3 860 273 [zdroj: 21]

Z tohoto důvodu došlo o rok později k inovaci vzduchového filtru tak, že byl dokonaleji utěsněn prostor mezi filtrem a víkem, a proto již nedocházelo k prostupu nefiltrovaného vzduchu do motoru.

7.1.5 Patent č. 1 144 487

Dalším patentem vzduchového filtru se stal v roce 1983 vzduchový filtr, který vynalezl Peter Brownell. Jednalo se o vzduchový filtr určený do vysoce prašného prostředí, tzn., že se hodil do provozu pro terénní vozy a pro stavební stroje. Skládal se z lamelového separátoru a z odnímatelné filtrační kazety. Filtrační kazeta se vyráběla ze skládaného papíru o střední velikosti vláken. Filtrovaný vzduch byl nejprve veden přes lamelový separátor, který filtroval hrubé nečistoty obsažené v přiváděném vzduchu, a poté docházelo k jemnější filtraci přes filtrační kazetu. Kazeta byla při dosažení požadovaného znečištění vyměnitelná. [22]

7.1.6 Patent č. 5 030 256

V roce 1990 si nechal v Americe patentovat svůj vynález Thomas A. Lingle. Jednalo se o vzduchový filtr prstencového tvaru, který tvořily dvě hlavní části. První část byla tvořena klasickým vzduchovým filtrem prstencového tvaru, který se vkládal do airboxu, do něhož se přiváděl vzduch. Druhá část filtru byla novinkou. Jednalo se o trubku malého průměru posazenou na horní ploše filtru kolem celého obvodu. V trubce kolovalo médium, které se mísilo s pročištěným vzduchem a bylo vstřikováno do karburátoru zážehových motorů. Médium mělo za účel čistit vnitřní ústrojí karburátoru a zamezovat tak vniku usazenin. Médium se dalo do trubky doplňovat. [23]

7.1.7 Patent č. 0 534 079

O dva roky později si nechala německá společnost Knecht Filterwerke patentovat svůj systém vzduchového filtru. Jednalo se o tzv. airbox konstrukci vzduchového filtru. Jeho základní část se skládala z plastové konstrukce krychlovitého tvaru, která tvořila obal filtru. Ten se skládal ze dvou dalších částí, a to ze spodní a horní poloviny, které byly navzájem oddělitelné a utěsňovaly se těsněním. Při výměně vzduchového filtru docházelo k oddělení těchto dvou plastových částí. Spodní i horní část se rozdělovala na levou a pravou část přepážkou v poměru 1/3 ku 2/3. Do spodní levé části se usazoval celulózový vzduchový filtr. Do této části byl také přiváděn vzduch určený k filtraci. Poté se přefiltrovaný vzduch dostával do horní levé části airboxu, kde bylo na dně umístěno síto k jemnější filtraci. Z této části airboxu směřoval přefiltrovaný vzduch do pravé horní části, odkud se odváděl přes pravou dolní část airboxu do spalovacího motoru. Konstrukce airboxu byla výhodná, jelikož se oddělil vzduchový filtr od motorového prostoru, a tak byl filtrovaný vzduch chladnější, jelikož se přiváděl přírodním potrubím ze vzdálenějšího místa od motoru. Chladnější vzduch je pro chod motoru vhodnější. [24]

7.1.8 Patent č. 280 218

V roce 1993 si nechala společnost MANN + HUMMEL zaregistrovat patent týkající se inovace vzduchového filtru. Vynález se týkal vzduchového filtru, který se skládal z tělesa filtru, filtrační vložky uspořádané v tomto tělese, upevňovacího elementu pro upevnění vzduchového filtru na motoru a pružného spojení mezi vzduchovým filtrem a sacím traktem. U vozidel jezdících na pozemních komunikacích dochází k přenášení otřesů

do motorového prostoru. Patent řešil pružné uložení tělesa vzduchového filtru a výstupního kanálu čistého vzduchu přes svěrky z pryžových součástí. Jednalo se o požadovanou inovaci ze strany spotřebitelů, jelikož se stávalo, že na nerovnostech došlo k rozpojení vzduchového filtru a výstupního kanálu, čímž docházelo k poškození motoru, protože vzduch přiváděný do motoru nebyl filtrován. [25]

7.1.9 Patent č. 288 711

Další inovace byla provedena opět společností MANN + HUMMEL v roce 1996. Inovace spočívala ve zdokonalení předchozího patentu. Pružné uložení bylo řešeno lépe tak, aby vyhovovalo i případnému využití v agroprůmyslu, kde dochází ke vzniku větších vibrací. Pružné uložení se vyrábělo z elementu, který měl tvar dutého válce a po obvodu byl opatřen obvodovými zápichy. Inovace byla také cíleně směřována ke zlepšení schopnosti akustické izolace nového pružného uložení. [26]

7.1.10 Patent č. 3 664-97

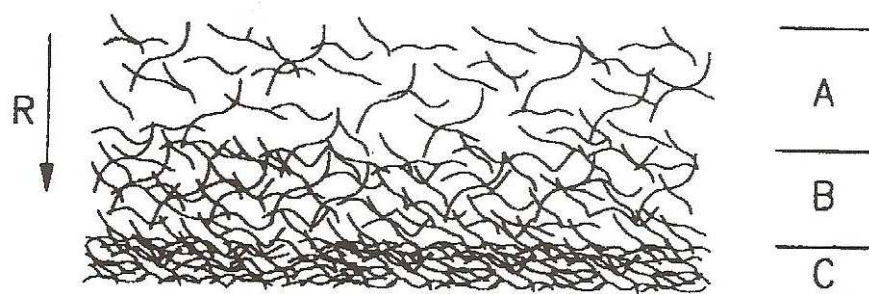
V roce 1998 byl u patentového úřadu zaregistrován patent týkající se inovace vzduchového filtru od společnosti MANN + HUMMEL. Byl to vzduchový filtr tvořený plastovým airboxem s vnitřní filtrační vložkou. Výhody vynálezu spočívaly v tom, že airbox měl vnitřní plastovou vložku, která se dala vyměňovat dle tvaru a velikosti filtrační vložky. Vzduchový filtr se používal pro více typů automobilů, protože se vnitřní prostor s plastovou vložkou dal upravovat podle požadavku. Jednalo se o vysoce ekonomicky úsporné řešení, jelikož stejný airbox se dal použít ve více aplikacích. Dále patent řešil vnitřní tvar airboxu jakožto odlučovače nečistot. V oblasti vstupu nevyčištěného vzduchu byl upraven cyklon pro předběžné odlučování prachu. Cyklon se uspořádal buď jako radiální nebo jako axiální. Cyklon tvořily rozváděcí lopatky, které vytvářely víření a odlučovaly vysoký podíl nečistot vstupujících do filtru. Tímto bylo ulehčeno filtrační vložce, která filtrovala již předčištěný vzduch. Pro vynášení nečistot ven z airboxu se umisťoval vyprazdňovací ventil. Vyprazdňovací ventil se uvolňoval na základě pulzace nasávaného vzduchu, která vznikala účinkem ventilů motoru. Filtr řešil i vyprazdňování u motorů, kde nedocházelo k pulzaci účinkem ventilů a to konstrukcí airboxu, kde vznikalo cyklonové proudění, které dokázalo uvolnit vyprazdňovací ventil. [27]

7.1.11 Patent č. 300 179

Patent vzduchového filtru zaregistrovaný v roce 1999 se zabýval materiálovým složením. Z předešlých vyráběných vzduchových filtrů byly známy filtry složené z laminátů ze dvou vrstev netkané textilie. Vrstva netkané textilie umístěná ke straně s čistým vzduchem se zpevňovala proudem vody a skládala se z vláken o jemnosti menší než 2,2 dTex. Vrstva umístěná směrem k nefiltrovanému vzduchu byla složena z vláken o menší jemnosti než 2,2 dTex. Vrstvy se spojovaly vpichováním. Nevýhodou spojení bylo to, že se při spojení vytvořily ve filtru od jehel malé dírký, které se negativně projevovaly na účinnosti filtru na malé částice. Netkané textilie se osvědčily v oblasti vzduchové filtrace. Hlavním požadavkem byla vysoká tuhost, aby nedocházelo k deformacím při filtraci. Cílem patentu měl být vynález vhodnějšího materiálového složení, respektive vhodnější způsob výroby, aby byly zaručeny lepší filtrační vlastnosti. Potřeba dokonalejší filtrace se řešila tím, že se vlákna filtru spojovala adhezním a kohezním spojením pomocí proudů kapalin směřujících od strany čistého vzduchu. Takto stranově uspořádané spojení vláken nám zaručovalo přibývání zhuštěných vláken od strany znečištěného vzduchu tak, že se při filtraci nedostaly skrze filtr již hrubé nečistoty. Dále se vytvářely rozdílně zhuštěné oblasti, ve kterých se odlučovaly částčky rozdílné velikosti. Filtr od strany čistého vzduchu byl tvořen rounem překvapivě vysoké tuhosti, ač na omak působil jako velice jemný. Výhodou výše uváděného způsobu výroby bylo to, že se docílilo vrstvy textilie o tloušťce 5 mm, která měla různě zhuštěné oblasti vláken díky výrobě proudem vodního paprsku. Tím se snížily výrobní náklady, protože filtrační materiál se vyráběl pouze jednou výrobní operací a takto vyrobený filtr byl vysoce účinný. Vlákna měla jemnost 0,05 až 50 dTex. Dále při použití směsového materiálu se štěpnými vlákny docházelo ke štěpení vláken proudem kapaliny. Takto štěpená vlákna byla vlákna nízkých jemností. [28]

Vysoká účinnost filtru se docílila tím, že hustota vláken rouna filtru progresivně narůstala ve směru proudění. Vzduchový filtr se důsledkem toho vyznačoval na straně znečištěného vzduchu malou hustotou vláken a velkými póry filtru, kde se zachycovaly větší nečistoty. Směrem k progresivně narůstající hustotě vláken ke straně čistého vzduchu s malými póry docházelo k zachytávání menších nečistot. Při filtraci bylo filtrační médium zaplňováno nečistotami v celé tloušťce filtru. Důsledkem toho byla vysoká životnost filtru a nízká

tlaková ztráta v průběhu životnosti. Na obrázku č. 17 jsou viditelné jednotlivé vrstvy vláken, které se od sebe odlišují různou velikostí pórů. [28]



Obrázek 17 - vrstvy filtračního média dle patentu č. 300 179 [zdroj: 28]

7.1.12 Patent č. 300 412

O rok později si nechala společnost MANN + HUMMEL patentovat vzduchový filtr pro spalovací motory. Byl to vzduchový filtr s pouzdem a v něm umístěnou filtrační vložkou ve tvaru dutého válce. Pouzdro tvořilo vstup surového vzduchu a výstup čistého vzduchu. V oblasti výstupu čistého vzduchu se umísťoval nátrubek, který směřoval dovnitř směrem do pouzdra. Na nátrubek se umísťovala filtrační vložka, která byla na dosedacích plochách s pouzdem opatřena těsnicí hmotou. Těsnicí hmota zlepšovala efektivnost filtrace, jelikož již nedocházelo ke vzniku mezer mezi filtrační vložkou a pouzdem v důsledku upnutí malou silou. Také nedocházelo ke kroucení filtrační vložky v důsledku upnutí větší silou, protože těsnicí hmota se případnému tlaku poddala. Dále byl vzduchový filtr opatřen axiálním cyklonem v oblasti vstupu surového vzduchu. [29]

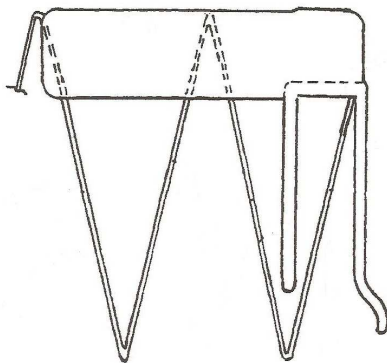
7.1.13 Patent č. EP 1 400 685

V roce 2003 si společnost MANN + HUMMEL nechala patentovat vzduchový filtr s rezonátorem. Vzduchový filtr byl z minulosti již známý, ovšem bylo obtížné ho dle předchozích patentů vyrobit, a proto docházelo ke kmitání. Také se jednalo o drahou a náročnou výrobu. Úkolem vynálezu bylo vyvinout vzduchový filtr, do kterého lze dle potřeby integrovat tlumič zvuku založený na principu Helmholtzova rezonátoru. Tlumič poskytuje možnost změny frekvenčního rozsahu a navíc byl vzduchový filtr malý, a tak i jeho výroba byla jednoduchá a hospodárná. Vzduchový filtr se skládal ze vstupu surového a výstupu čistého vzduchu. Mezi vstupem a výstupem se utěšňovala filtrační vzduchová vložka. Těleso vzduchového filtru se rozdělovalo alespoň na dva díly tělesa,

které se spolu navzájem spojovaly pomocí rozebíratelných spojovacích prostředků. Alespoň jeden z dílů tělesa měl úložné hrdlo integrované do geometrie dílu tělesa, které mohlo pojmout perforovanou trubku rezonátoru. Vzduchový filtr byl provozován s trubicí nebo bez trubky rezonátoru, aby se přizpůsobil různým spalovacím motorům. [30]

7.1.14 Patent č. 1 813 341

V roce 2006 společnost MANN + HUMMEL vytvořila další patent v oblasti automobilové vzduchové filtrace. Jednalo se o vynález filtračního elementu vzduchového filtru, u něhož byl vždy poslední záhyb na koncích klikatě složené filtrační vložky spojitelný s výztužným elementem jednodušeji. Také se vylepšilo spojení výztužného elementu s filtrační vložkou. Zlepšení spoje výztužného elementu se složenou filtrační vložkou bylo způsobeno vytvarovanou patkou kolmo k výztužnému elementu. Patka dosedala na strany sousedících záhybů z filtračního rouna nebo filtračního papíru. Výztužná patka se vyráběla zejména z plastů, přičemž byl kladen důraz na tvarovou stálost. Plastová patka se vyráběla zejména z polyamidu a polypropylenu, ale také z luranylu, který splňoval nejlépe požadavek na vysokou tvarovou stálost. Pro spojení filtrační vložky a výztužného elementu se používalo zejména teplem aktivované lepidlo. [31]

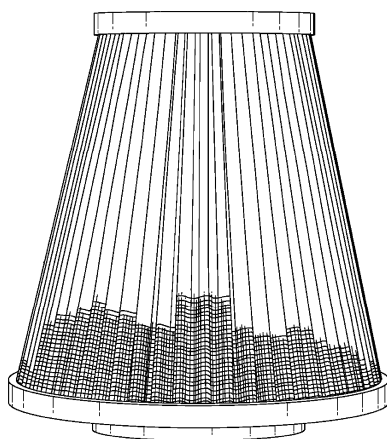


Obrázek 18 - vzduchový filtr dle patentu č. 1 813 341 [zdroj: 31]

7.1.15 Patent č. US 2008/0 209 871

V roce 2008 si u patentového úřadu v USA nechal patentovat svůj vzduchový filtr vynálezce Mark German. Byl to vzduchový filtr kónického tvaru bez použití airboxu. Filtr se skládal z těla filtru a z polyuretanového spodku a vršku. Tělo filtru se vyrábělo z bavlněných vláken, která se ukrývala v kovové síťovině. Filtrační plocha byla skládaná do tvaru harmoniky, aby se využila co největší filtrační plocha. Vzduchový filtr byl

pratelny a mohl se používat opětovně. Pro lepší zachycení nečistot se filtr impregnoval olejovým nástřikem. Pokud došlo k vyprání filtru, muselo dojít k opětovné impregnaci, jinak by mohlo nastat zhoršení účinnosti filtrace. Konstrukce filtru se používá dodnes zejména pro vozidla sportovního zaměření, případně jako přestavbový filtr od výrobců zaměřených na výrobu sportovních vzduchových filtrů. [32]



Obrázek 19 - vzduchový filtr dle patentu č. US 2008/0 209 871 [zdroj: 32]

7.2 Vývoj vzduchových filtrů dle patentů

Historie vzduchových filtrů sahá do 30. let dvacátého století, kdy byl u patentového úřadu zaregistrován první patent týkající se vzduchového filtru pro vzduch přiváděného do motoru automobilu. Byl to filtr jednoduché konstrukce tvořený kovovou síťovinou, která zajišťovala filtraci. Filtr byl nedokonalý a dokonce umožňoval po ucpání průchod vzduchu mimo filtr. Dále se začaly vyrábět filtry s kapalinovou náplní, která v sobě měla tělíška, na nichž ulpívaly nečistoty, která byla vibracemi omývána náplní. V osmdesátých letech se začaly používat vzduchové filtry ukryté v plechových airboxech. V podstatě se jednalo o nejpoužívanější princip vzduchové filtrace v této době. Filtrační vložka byla tvořena dnes známým médiem papírového filtru složeného do tvaru harmoniky. Postupem času se objevily airboxy, které dokázaly odloučit určitou část nasávaných nečistot. V posledních letech se začaly používat vzduchové filtry kónického tvaru bez krycího airboxu. Jejich využití je zejména u automobilů se sportovním zaměřením, kde se předpokládá menší prašnost, ale zejména vyšší frekvence výměny.

7.3 Současnost vzduchových filtrů

V současné době se vyskytuje řada výrobců a typů motorových vzduchových filtrů. Záleží na požadavcích výrobců automobilů, na konstrukci motorového prostoru a na možnosti umístění vzduchového filtru v motorovém prostoru. Výrobci filtrů přizpůsobují svoji výrobu požadavkům zákazníků, pro které filtrační media vyrábějí. Požadavky na motorové vzduchové filtry jsou následující:

- pokud možno 100 % účinnost
 - zaručuje optimální ochranu motoru a snímáčů množství vzduchu
- vysoká kvalita impregnace
 - vysoká chemická odolnost
 - vysoká mechanická stabilita
 - bezpečnost v extrémních podmínkách a během celého servisního intervalu
- vysoká vodní stabilita
 - filtrační výkon musí být shodný ve vlhkých i mokřích podmínkách
 - nesmí docházet ke zvýšení spotřeby, snížení výkonu či snížení životnosti motoru
- vysoká životnost filtru
- gramáž filtru odpovídající konkrétnímu použití
- impregnace samozhášivou přísadou
- optimální skladba a stabilita skladů pomocí tzv. rylování
- filtr zaručující správné dávkování vzduch/palivo
- kvalitní polyuretanové těsnění – filtrovaný vzduch skrze filtr. [13]

Dokonalou filtraci nám nezaručuje jen vzduchový filtr, nýbrž se jedná o komplex spolu s tzv. airboxem nebo také housingem. Plastový kryt, ve kterém je ukryt vzduchový filtr, je vyvíjen speciálně pro každý druh filtru zvlášť. Při dnešní moderní filtraci dokáže airbox odloučit až 80 % nečistot z filtrovaného vzduchu, aniž by byla v airboxu filtrační vložka. Je to způsobeno tím, že airbox je navržen tak, aby v něm vzduch cirkuloval požadovaným

směrem, a aby docházelo v určitých oblastech airboxu k zachytávání nečistot. Jedná se zejména o hrubší nečistoty. K jemnému dofiltrování slouží samotný vzduchový filtr. Uvedený princip se používá nejvíce při filtraci vzduchu u stavebních a zemědělských strojů a u nákladních vozidel a autobusů vyskytujících se ve vysoce prašném prostředí. Systém je už také používán u nákladních automobilů a autobusů jezdících po pozemních komunikacích z důvodu prodloužení intervalu výměny vzduchového filtru. U stavebních a zemědělských strojů jsou airboxy opatřeny dokonce dvěma vzduchovými vložkami pro zajištění vysoké účinnosti. [13]

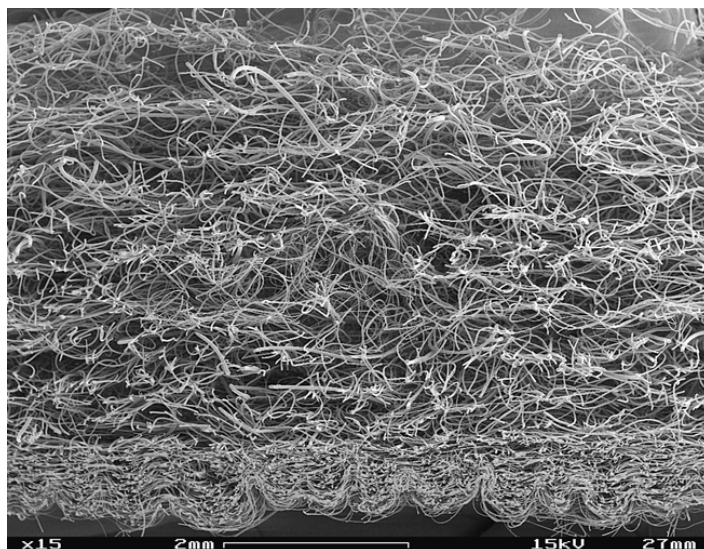


Obrázek 20 - airbox určený pro odloučení náletových částic [zdroj: 13]

7.4 Výroba motorových vzduchových filtrů

7.4.1 Materiálové složení

Motorové vzduchové filtry jsou vyráběny ve složení přírodních – celulóзовých a syntetických vláken. Ze syntetických vláken se nejčastěji používá polyester. Na povrchu jsou syntetická vlákna, která zachytávají větší nečistoty. Menší jsou zachytávány druhou vrstvou z celulóзовých vláken. [13]



Obrázek 21 - materiálové složení vzduchového filtru [zdroj: 13]

7.4.2 Technologie a postup výroby

V první řadě jsou z celulózových a syntetických vláken vyrobeny pásy, které slouží k dalšímu zpracování. Jsou to netkané textilie vytvořené naplavováním, které jsou chemicky pojené. Tyto textilní pásy o různých podílech jednotlivých vláken a o různých plošných hmotnostech jsou dále rylovány, tzn., jsou jim vytvořeny promáčkliny v místech, ve kterých dojde při dalším postupu k ohybu. [13]

Pásy pro výrobu vzduchových filtrů jsou nabaleny v rolích. Při dalším výrobním postupu jsou pásy postupně odvíjeny a ve strojních zařízeních jsou ohýbány po cca. 2 cm na jednu a druhou stranu střídavě. Ohýbáním vznikne z pásu tzv. harmonika. Na vzniklou harmoniku je z jedné strany nanesen malý proužek pojiva, který zajistí udržitelnost tvaru pro výrobní postup. Do této části je většina filtrů vyráběna shodným postupem. V dalším kroku se ovšem výroba liší podle tvaru vyráběného filtru. Rozdílnost vzniká při výrobě klasického vzduchového filtru obdélníkového tvaru či válcovitého tvaru. Oba typy jsou opatřeny polyuretanovou pěnou, která je u obdélníkových filtrů na spodní straně filtru podél obvodu. U válcovitých filtrů je polyuretanová pěna na horní a spodní straně válce. V případě obdélníkového filtru je složená filtrační část do harmoniky požadovaného tvaru ponořena do lázně s polyuretanovou pěnou a poté vlivem ochlazení dojde k vytvrdnutí pěny do požadované pevnosti a pružnosti. U filtrů válcovitého tvaru se nejprve na výrobní stroji uchytí kolem pomocné trubky určitého průměru filtrační papír ve tvaru

harmoniky. Takto uchycený papír obklopuje celý obvod kolem trubky. V místě spoje je papír pomocí příchytěk spojen. V rámci dalšího pracovního úkonu dojde na strojním zařízení nejprve k naražení spodní formy, která má ve svém dně polyuretanovou pěnu. Po částečném ochlazení a tudíž i po dostatečném ztuhnutí polyuretanové pěny dojde k otočení celého filtru a následně dojde k naražení formy i na druhou stranu filtru. Poté se nechá filtr vychladnout. Po vychladnutí polyuretanové pěny jsou filtry baleny do papírových krabic a jsou dále distribuovány. [13]

7.4.3 Zkoušky vyrobených filtrů

Nově vyrobené vzduchové filtry jsou náhodně testovány, aby mohlo dojít k odhalení případného selhání výrobního postupu. Zkoumá se zejména polyuretanová těsnící pěna, která má za úkol dokonale utěsnit styčnou plochu vzduchového filtru s plastovým airboxem tak, aby nedocházelo k falešnému přisávání filtrovaného vzduchu místem, přes které není procházející vzduch filtrován skrze vzduchový filtr. Dále je u náhodně vybraného filtru rozříznutá polyuretanová pěna a je zkoumána její pórovitost a tažnost. Další zkouškou vybraných filtrů je zkouška účinnosti. Zkouška určuje poměr zachycených částic ve filtračním procesu. Ke zkoušce používají výrobci vzduchových filtrů nejjemnější písek z pouště Gobi. Při zkoušce účinnosti může být odhaleno porušení filtrační plochy při výrobním postupu, které má za následek vysoký tlakový spád. [4,13]

7.5 Rozdělení vzduchových filtrů podle typu

7.5.1 Systém airboxu

Systém vzduchového sání airboxu a filtrace přiváděného vzduchu je nejčastěji používaným systémem v běžných osobních automobilech. Vzduchový filtr je schován v airboxu. Prvním způsobem přivedeného vzduchu do airboxu jsou otvory po jeho obvodu pro přívod vzduchu pro motor. Druhým způsobem přivedeného vzduchu do airboxu je přívod pomocí plastové trubice, která má vyústění většinou v předním nárazníku automobilu. Airbox je plastový obal filtru, který je hranatého nebo oválného tvaru podle tvaru filtru. Výhody tohoto systému jsou v menším namáhání filtru a tím i v jeho delší životnosti, protože airbox ho z větší části chrání od okolního prostředí a tak nedochází k tak velkému znečišťování filtru. Airbox svou konstrukcí dokáže odloučit až 80 % škodlivých částic

přiváděných ze vzduchu. Další výhodou je jeho nižší pořizovací cena. Poslední výhodou je přívod chladného vzduchu skrze přívodní trubici, čímž se zvyšuje hmotnostní naplnění válce, které má pozitivní vliv na chod, efektivitu a výkon motoru. [44]



Obrázek 22 - plastový airbox [zdroj: 44]

7.5.2 Systém otevřeného vzduchového filtru

Jedná se o druhý systém vzduchových filtrů pro automobily, který není tak běžný. V sériové výrobě automobilů se s ním setkáme pouze u vozů se sportovním zaměřením. Tento systém se ale postupně rozšiřuje i mezi ostatní automobily díky výrobcům vzduchových filtrů, kteří se zabývají výrobou přestavbových sad filtrů. Mezi jeho výhody patří přímost nasávaného vzduchu. Tzn., že tomuto filtru nebrání žádný plastový obal v přívodu vzduchu a tak má motor možnost lepšího spalování vzhledem k většímu množství přivedeného vzduchu - kyslíku do válců. Na druhou stranu vzniká v tomto případě i nevýhoda, a to ve smyslu větší náchylnosti k zanášení filtru. Pokud se rozhodneme pro pořízení této přestavbové sady do běžného automobilu, musíme zajistit vhodné oddělení od motorového prostoru a přívod studeného vzduchu zvenčí automobilu. Mezi jejich další nevýhodu patří vysoká pořizovací cena. Ve většině případů jsou tyto filtry pratelné ve speciálním roztoku. Po praní se filtr naimpregnuje olejem, který vytvoří na filtru vrstvu pro zachycování nejjemnějších prachových částic. [44]



Obrázek 23 - otevřený vzduchový filtr [zdroj: 44]

7.5.3 Rozdělení podle tvaru

Podle konstrukčních vlastností jednotlivých motorů v automobilech jsou rozděleny filtry do určitých tvarových skupin. Všechny tyto filtry mají na koncích pevné okraje z lisované gumy pro bezpečné usazení a tlumení vibrací. Guma je odolná vůči vysokým teplotám, které vznikají v motorovém prostoru v průběhu jízdy automobilu. [44]

Kulatý přímý	
Kulatý kónický	
Oválný přímý	
Oválný kónický	
Oválný přímý s dvojitou přírubou	
Kónický oválný s dvojitou přírubou	

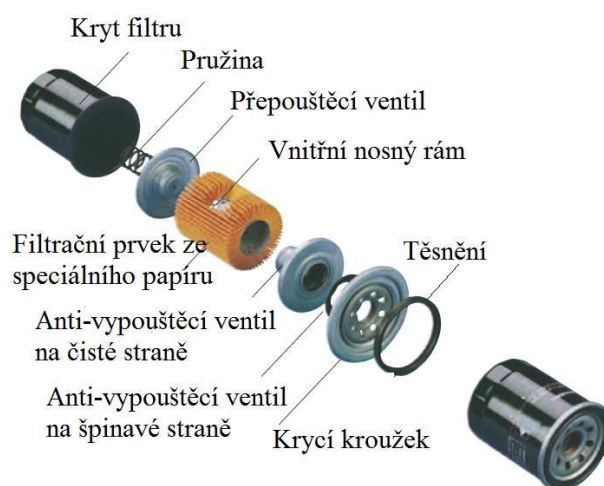
Tabulka 1 - přehled typů otevřených vzduchových filtrů [zdroj: 44]

8. Olejové filtry

Při běhu spalovacího motoru dochází k opotřebení mechanických částic. Opotřebení je eliminováno na minimum motorovým olejem, nicméně ani motorový olej nezabrání opotřebení v plné míře. Z tohoto důvodu má každý spalovací motor olejový filtr, který filtruje olejovou náplň v motoru a zachytává drobné částice, které vznikají vlivem opotřebení. Pokud by filtr neplnil filtrační funkci, tak by se postupně z olejové náplně a nečistot stávala brusná pasta, která by zapříčinila zničení motoru. [5]

Olejový filtr má také za úkol zachytit nečistoty, které se do motoru dostanou z palivové soustavy, které nezachytí palivový filtr. Další funkcí olejového filtru je funkce chladicí, kdy filtr absorbuje teplo, které vzniká při činnosti motoru a také ho účinně odvádí. Olejový filtr je umístěn ve spodní části bloku motoru, kde jím prochází olejová náplň motoru. Olejové čerpadlo poté rozhání přefiltrovaný olej v celém bloku motoru. Olejový filtr by měl být měněn při každé výměně oleje, aby byla zajištěna jeho správná funkčnost. [5]

Olejový filtr se skládá z krytu, ve kterém je pružina s přepouštěcím ventilem. Dále je tvořen nosným rámem, na kterém je filtrační prvek ze speciálního papíru. Za tímto filtračním prvkem je anti-vypouštěcí ventil na čisté straně a anti-vypouštěcí ventil na špinavé straně. Mezi těmito ventily jsou těsnicí kroužky. Anti-vypouštěcí ventily zajišťují, aby nedocházelo ke zpětnému vracení čistého oleje do filtru a ke zpětnému vracení znečištěného oleje z filtru. [5]



Obrázek 24 - schematické zobrazení olejového filtru [zdroj: 5]

8.1 Patentová řešení olejových filtrů

Z počátku automobilového průmyslu se do automobilů nemontovaly žádné olejové filtry. Později se začaly používat kovové mřížky, které zachycovaly pouze nejhrubší nečistoty vznikající při provozu spalovacího motoru. V této době se ovšem oleje měnily v intervalu 500 km – 2000 km a také se nepoužívalo tlakové mazání, proto nebyla filtrace olejové náplně tolik potřebná.

8.1.1 Patent č. CA 233 655

Olejové filtry ve spalovacích motorech se začaly používat od roku 1923, kdy si americký vynálezce Ernest Sweetland nechal patentovat svůj první novodobý olejový filtr, který pojmenoval Purolator. Jednalo se o tzv. bypass filtr, který umožňoval obtékání části oleje mimo filtrační plochu filtru. Bypass filtry v modernějším provedení se používají dodnes. Filtr purolator se umísťoval před olejové čerpadlo. Jeho filtrační část tvořil sedmivazný osnovní kepr, který byl potažený na děrovaném plechu, který vytvářel kostru filtru. Olej filtrem protékal pod tlakem a filtr zachycoval usazeniny, které vznikaly při chodu motoru. Filtr měl obal z průhledného skla, aby si mohl každý řidič průběžně kontrolovat míru jeho znečištění a mohl si takto včas rozhodnout, zda-li je potřeba provést jeho výměnu. [33]

8.1.2 Patent č. US 224 296

Další inovaci provedl americký vynálezce Ernest Sweetland v roce 1941, kdy vylepšil svůj doposud používaný olejový filtr. Zjistil, že kromě usazovaných uhlíkatých látek, částic kovu a prachu, dochází ve filtru k usazování vody, která je obsažena v olejové náplni. Dále také objevil problém koroze vnitřních částí motoru. Po provedených výzkumech mu bylo zřejmé, v čem uskuteční svou inovaci.

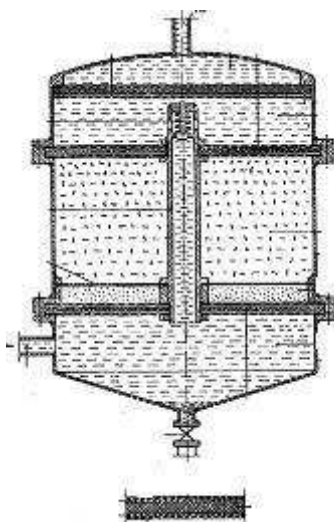
Při nedokonalé výrobě motorových olejů v předválečném období docházelo k zůstatku určitého množství vody v olejové náplni a také docházelo ke kyselosti olejové náplně, která způsobovala korozi vnitřních částí motorů. V této době chtěl vynálezce uvést na trh svůj nový olejový filtr, který se vyráběl z papíru. V průběhu testů filtru objevil již zmiňovanou vlhkost v oleji a také jeho kyselost. Pokud by uvedl papírový filtr na trh v podobě, ve které ho vynalezl, došlo by poměrně rychle vlivem působení vlhkosti na filtr k jeho rozkladu a úplné neúčinnosti. Ernest Sweetland proto vynalezl papírový filtr,

na který nanesl křemičitan sodný. Křemičitan sodný na papírovém filtru ztvrdl, a tak nemohlo dojít k jeho destrukci vlivem působení vlhkosti. Křemičitan sodný zároveň zabráňoval korozi motorových částí, protože má antikorozi účinky. Vynálezce dokonce uváděl, že jeho filtr není potřeba měnit, což se ovšem zanedlouho ukázalo jako nepravdivé tvrzení. [34]

8.1.3 Patent č. 78 118

V roce 1949 si nechal patentovat svůj vynalezený olejový filtr Ing. Vladimír Korbler. Jednalo se o tzv. regenerační filtr, který se skládal ze čtyř komor a tří přepážek mezi nimi. Nejspodnější komora měla přívodní potrubí pro přívod znečištěného oleje a byla vybavena uzavíratelnou kalovou výpustí. Nad komorou se nacházela druhá komora, která obsahovala regenerační hmotu na spodní straně opatřenou přepážkou a na horní straně sítím. Součástí přepážky byla vrstva látky, která rozrážela vodní olejovou emulzi, případně křemeliny. Dále ve filtru byla umístěna distanční trubka, která prochází skrze druhou komoru. Její začátek byl ve spodní první komoře a konec ve třetí komoře. Olej opouští olejový filtr ve čtvrté komoře, která byla opatřena odtokem rafinovaného oleje.

Každá ze tří filtračních přepážek se skládala z plstěné vrstvy obložené na obou stranách filtračními plachetkami a uzavřené z obou stran děrovanými sítí. [35]



Obrázek 25 - olejový filtr dle patentu č. 78 118 [zdroj: 35]

8.1.4 Patent č. 78 142

Ještě téhož roku si nechal vynálezce Ing. Vladimír Korbler patentovat filtr, podobnému v patentu č. 78118. Jednalo se o zdokonalení předchozího filtru, kterým mělo být dosaženo možnosti snadnějšího dozoru, jakožto i pohodlnější výměny regenerační náplně a čištění filtru. Filtr se skládal ze skříně, do které se vsazovala nádržka, do níž se připojoval přítok znečištěného oleje. Nádržka obsahovala regenerační hmotu a byla seshora i zespoda uzavřena propustnými přepážkami. Mezi nádržkou a obvodovými stěnami skříně byla mezera, do které byl v horní části připojen pojistný ventil ležící těsně pod horní filtrační přepážkou. Inovace výrobku oproti předešlému spočívala zejména ve snadnosti čištění olejového filtru, jelikož nemusel být při čištění odšroubován přívod a odvod olejové náplně, ale stačilo pouze vyšroubovat část filtru, ve které se nacházela regenerační hmota. [36]

8.1.5 Patent č. 3 370 707

V roce 1968 si nechal svůj vynalezený olejový filtr patentovat pan P. I. Nordstrom u patentového úřadu v Argentině. Vynalezený filtr byl oválného tvaru se spodní trychtýřovou částí. V této spodní části byl vstupní i výstupní otvor pro filtrovaný olej. Filtr se skládal z vertikálně orientované filtrační části, ve které byly ve spodní části filtrační plochy z kovových sít pro zachycování hrubých nečistot. V horní části filtru byla také sestava kovových sít, které se pokrývaly filtračním papírem určeným k jemné dofiltraci. Z horní části se přefiltrovaný olej odváděl kovovou trubicí, která sloužila k odvádění přefiltrovaného oleje z filtru. [37]

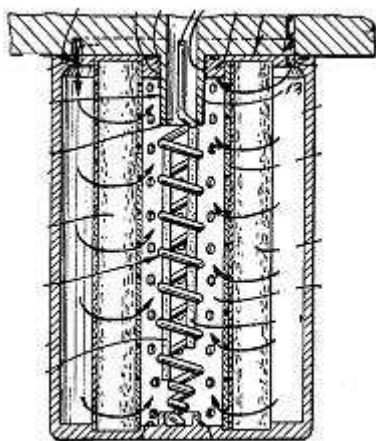
8.1.6 Patent č. 147 978

Další patent na olejový filtr přišel v roce 1973, kdy si nechal svůj vynález patentovat vynálezce Joseph J. Russo. Jednalo se o poměrně jednoduchou konstrukci filtru, který měl zaručit naprosto jednoduchou výměnu. Filtr byl válcového tvaru a jeho základní část tvořilo válcové duté těleso, které mělo ve spodní části filtru pevné dno a v horní části filtru odnímací víko. Mezi víkem a dosedacími plochami válcové konstrukce se nacházelo těsnění. V prostřední části filtru se umísťovala válcová trubka, která byla napevno nalisována na dno filtru. Při výměně filtru došlo k demontáži horního víka, odejmutí těsnění a vyndání použitého filtru, který se navlékal na válcovou trubku. Poté se

do filtračního tělesa vkládal nový filtr, dále se umístilo těsnění a nasadilo se víko, které bylo zašroubováno do válcové trubky s vnitřním závitem. Patent řešil zejména konstrukční prvky filtru. [38]

8.1.7 Patent č. 4 501 660

V roce 1985 byl uveden na trh další z řady patentů olejových filtrů. Jednalo se, jak již bylo u olejových filtrů tradiční, o filtr válcovitého tvaru, který tvořil válcový obal. Filtr měl na svém kruhovém dně, které bylo spojeno s blokem motoru po obvodu několik průtokových kanálků kruhovitěho tvaru, kterými byl olej přiváděn k filtraci. Mezi olejovým filtrem a blokem motoru se nacházelo těsnění. Olej protékal olejovým filtrem podél stěny filtru a v horní části se vracel skrze prostřední část opět dolů ke dnu filtru. Na dně olej opouštěl filtr vývodem umístěným uprostřed dna. Nejzajímavější částí filtru byla prostřední filtrační část. Tato část obsahovala zmagnetizovanou šroubovitou konstrukci vyrobenou z hořčíku. Zmagnetizovaná šroubovice měla za úkol zachytávat kovové špony vznikající při opotřebení motoru. Druhým významným úkolem bylo neutralizovat kyselinu sírovou vznikající při spalování motorů. Hořčíková šroubovice neutralizovala kyselinu sírovou, případně jiné kyseliny tak, že je rozpouštěla na hořečnaté soli. Dále měla být životnost filtru vysoká, jelikož zmiňovaná šroubovice byla demontovatelná z filtru. [39]



Obrázek 26 - olejový filtr dle patentu č. 4 501 660 [zdroj: 39]

8.1.8 Patent č. 553 637

Patent, který se týkal olejového filtru, byl i patent uvedený v roce 1993. Jednalo se o vynález, ve kterém byla provedena inovace filtrační části u dosud používaného papírového filtru. Zjistilo se, že papírový filtr není schopen odolávat delšímu filtračnímu zatížení, jelikož postupně dojde k jeho degradaci. Patent řešil zejména materiálové složení filtrační části. Účelem bylo vyrábět tuto část z materiálu, který nám zaručí delší životnost a lepší recyklovatelnost. Filtrační část proto měla být dle tohoto patentu vyráběna ze slinutého kovu jako nosné konstrukce, která měla být obalena netkanou textilií. Docílilo se vyšší pevnosti filtrační části a tak i vyšší životnosti. [40]

8.1.9 Patent č. 289 544

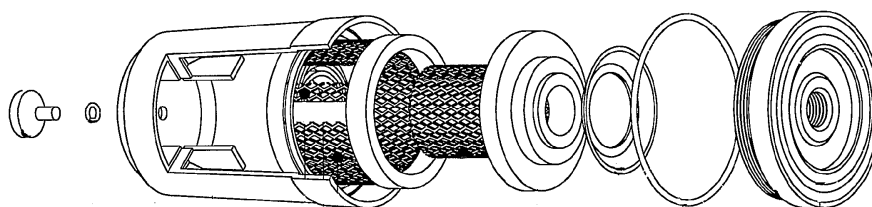
V roce 1996 byl u patentového úřadu zaregistrován patent amerického vědce T. F. Purifinera. Olejový filtr se skládal z vnějšího pláště s prvním a druhým zakončením, který tvořil vnitřní prostor a měl vstupní otvor. Filtr byl specifický v tom, že měl uvnitř v prostoru filtrace řadu diskrétních tvarovaných prvků z termoplastického materiálu, které se postupně rozpouštěly v olejové lázni při filtraci v důsledku zvýšené teploty oleje. Termoplastický materiál obsahoval aditiva zabraňující oxidaci a okyselování oleje a také obsahoval polypropylen o vysoké molekulové hmotnosti. Zmiňovaný termoplastický materiál byl ve filtru umístěn ve formě pelet tvaru rýže nebo tvaru špaget. Filtrační část filtru byla tvořena volně orientovaným nebělenými vlákny přírodní bavlny. [41]

8.1.10 Patent č. US 6 257 417

James A. Szumera si v roce 2001 rovněž nechal u patentového úřadu zaregistrovat patent na olejový filtr. Patent se netýkal inovace olejového filtru jako takového, nýbrž se jednalo o inovaci obalu nebo také housingu. Takto zkonstruovaný filtr byl oválného tvaru tvořeného kovovou konstrukcí. Část filtru, která se montovala k bloku motoru, se vyráběla jako pevná součást obalu. Na druhé straně se nacházela odnímatelná kovová krytka. Mezi blokem motoru a filtrem se používalo pryžové těsnění. Obal byl konstruován tak, aby mohlo docházet k výměnám papírového filtračního elementu. Filtr se proto vyznačoval vysokou recyklovatelností, protože se vyměňovaly pouze filtrační papírové vložky a ne celé filtry, jakožto bylo známo z dřívějších typů olejových filtrů. [42]

8.1.11 Patent č. 3 008 504

V roce 2005 byl v Mexiku patentován olejový filtr, který se skládal z více částí. Základní obal se vytvářel z kovové konstrukce oválného tvaru. V obalu se umísťovaly dvě filtrační vložky. Filtrační vložka umístěná více ke středu olejového filtru byla tvořena magnetizující kovovou síťovinou, která zachytávala kovové nečistoty obsažené v motorovém oleji. Druhá filtrační vložka byla také tvořena kovovou síťovinou. Pokrývala se bavlněnou vrstvou, která měla za účel zachytit zbylé nečistoty obsažené v motorovém oleji. Její okraj se zakončoval polyuretanovou pěnou. Filtrační vložky se umísťovaly v obalu a byly zakryty víkem se závitem. Mezi víkem a filtry se nacházela dvojice pryžových těsnění. [43]



Obrázek 27 - olejový filtr dle patentu č. 3 008 504 [zdroj: 43]

8.2 Vývoj olejových filtrů dle patentů

Olejové filtry se do automobilů začaly montovat po roce 1923, kdy byl pro účely automobilového průmyslu vynalezen první olejový filtr. Byl tvořen sedmivazným osnovním keprem s kovovou výztužnou konstrukcí. Postupným vývojem se palivové filtrační vložky začaly vyrábět z celulózových vláken opatřených křemičitanem sodným proti korozi motorových částí a delší životnosti filtru. Dále se začaly vyrábět olejové filtry s regenerační hmotou, která pročišťovala olejovou náplň. V rámci vývoje se začaly vyrábět olejové filtry se systémem kovových sít a celulózovou filtrační vložkou. Další inovací byl také olejový filtr, který obsahoval zmagnetizovanou hořčíkovou trubici, která chránila motor před kyselostí. V současné době se používají olejové filtry, které jsou tvořeny kovovým obalem, pod kterým je systém kovových sít a netkaná textilie z celulózových vláken s rastrem.

8.3 Typy olejových filtrů

Existuje více typů olejových filtrů, jejichž rozdíly nejsou na první pohled zřetelné. Tyto rozdíly jsou ukryty pod obalem filtru.

Nejběžnějším typem olejového filtru je systém filtrace By-pass, při které dochází k průchodu oleje filtrační částí pouze části olejové náplně a zbylá část oleje v tomto případě obtéká filtrační část. Řešení je z důvodu možnosti zanesení filtru, při kterém nedokážeme zajistit průtok požadovaným tlakem. Při zanesení by mohlo dojít k zadření motoru. V tomto případě je ale zajištěna nepřetržitá cirkulace olejové náplně i v situaci úplného zanesení filtru. Dalším typem jsou filtry, které mají magnetickou část uvnitř filtru. Magnetická část zachycuje špony vzniklé opotřebením motoru. Dále existují olejové filtry, které oddělují nečistoty buď účinností gravitace, nebo odstředivou silou, která vzniká uvnitř filtru. [13]

8.4 Způsoby znečištění motorového oleje

- Kovové špony – při chodu zážehových a vznětových motorů dochází ke tření mezi jednotlivými komponenty motoru. Tření je eliminováno na minimum použitým motorovým olejem, který vytváří v motoru film, který chrání vnitřní části motoru. Mazání není ovšem nikdy dokonalé, a tak vnikají v motoru kovové špony, které by mohly motor poničit, případně zadřít. Z tohoto důvodu je instalován olejový filtr, který by měl takto vzniklé špony zachytávat. [13]
- Saze – vznikají zejména při spalování nafty, tudíž se jedná o záležitost zejména vznětových motorů. Zážehové motory saze neprodukují. Saze jsou způsobeny nedokonalým spalováním nafty. Se snahou minimalizovat při spalování oxid dusíku se stále více vytvářejí v motoru saze. Takto vzniklé saze jsou tvořeny čistým uhlíkem a mají velice ostré hrany. [13]
- Prachové částice – pokud je automobil vybaven nekvalitním či vysoce znečištěným vzduchovým filtrem, který nedokáže vhodně přefiltrovat nasávaný vzduch do motorového prostoru, dochází k průchodu prachových částic do spalovacího

prostoru. Tyto prachové částice jsou poté zakomponovány do olejové náplně, kde působí doslova jako brusná pasta, která může zapříčinit vznik kovových špon. [13]

- Palivo – může také způsobit znečištění motorového oleje, ovšem pouze v případě zaneseného nebo nefunkčního palivového filtru. Zanesení palivového filtru se poměrně často podceňuje a jeho výměny dle předepsaných intervalů většina majitelů automobilů nedělá. V palivu mohou být obsaženy různé nečistoty, které by se rozhodně neměly dostat do motoru. [13]

9. FILTRY PEVNÝCH ČÁSTIC

Filtry pevných částic jsou označovány jako filtry DPF nebo FAP a to z anglického Diesel particulate filter respektive z francouzského Filtre anti particules. Filtry pevných částic jsou poměrně novou záležitostí v automobilovém průmyslu a na vině jsou neustále se zpřísnující emisní normy pro výrobce automobilů.

Emisní norma Euro, platná v zemích Evropské unie stanovuje limitní hodnoty výfukových exhalací, kterými jsou:

- množství oxidu uhelnatého (CO)
- množství uhlovodíků (HC)
- množství oxidů dusíku (NO_x)
- množství pevných částic (PČ),

hodnoty jsou uváděny v gramech na jeden ujetý kilometr. [49]

Rok/norma		CO (g/km)		NO _x (g/km)		HC + NO _x (g/km)		HC (g/km)	PČ (g/km)
1992	I	3,16	3,16	-	-	1,13	1,13	-	0,18
1996	II	2,20	1,00	-	-	0,50	0,70	-	0,08
2000	III	2,30	0,64	0,15	0,50	-	0,56	0,20	0,05
2005	IV	1,00	0,50	0,08	0,25	-	0,30	0,10	0,025
2009	V	1,00	0,50	0,06	0,18	-	0,23	0,10	0,005
2014	VI	1,00	0,50	0,06	0,08	-	0,17	0,10	0,005

Tabulka 2 - maximální přípustné hodnoty vypouštěné do ovzduší dle euronorem [zdroj: 49]

Tabulka nám znázorňuje vývoj emisních norem, ze kterého jsou patrné neustále se zpřísnující emisní normy. Zeleně znázorněné hodnoty jsou hodnoty pro automobily se zážehovým typem motoru a černě znázorněné hodnoty příslušející automobilům se vznětovým typem motoru. Filtry pevných částic nám pomáhají dosáhnout požadovaných hodnot.

Mají za úkol zachytit drobné nečistoty, které vznikají při spalování vznětových motorů. Je dokázáno, že nečistoty vznikající při spalování vznětových motorů, jsou silně karcinogenní. Filtry jsou umístovány co nejbližší ke spalovacímu motoru jako součást výfukového potrubí. [13]



Obrázek 28 - schematické zobrazení filtru pevných částic [zdroj: 49]

Po zachycení nečistot existují dva způsoby, jakými jsou částice postupně ničeny, aby měl filtr alespoň rozumně dlouhou životnost. Prvním je způsob, při kterém dochází k průběžnému spalování usazených částic ve filtru. Toto je nejlepší a nejefektivnější varianta, ovšem podmínkou je, že automobil jezdí delší trasy, nejlépe při vyšších otáčkách motoru a dochází k úplnému zahřátí motoru a výfukové soustavy. Při takovémto provozu se postupně spalují usazené části ve filtru a tak je zajištěna jeho průchodnost. Nikdy ovšem nedochází k úplnému „vypálení“ filtru a i automobilky, které mají nejdokonaleji vyvinuté filtry pevných částic, udávají jejich životnost maximálně 200 000 km. [13]

K druhému způsobu čištění filtru dochází, pokud není motor dostatečně zahříván v průběhu jízdy, tudíž nemůže dojít k samovolnému shoření karcinogenních částic ve filtru. Na výfukovém potrubí jsou před a za filtrem umístěna tlaková čidla, která komunikují s řídicí jednotkou motoru. Pokud řídicí jednotka vyhodnotí, že je filtr

zanesený, je do motoru vstřikováno více paliva a tím pádem dochází k lepšímu hoření a filtr pevných částic se pročistí. Toto se stává v intervalu 300 – 1000 km, což v průměru zvyšuje spotřebu paliva. [13]

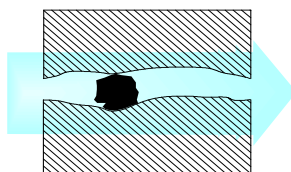
Spotřeba paliva je také zvýšena tím, že filtr pevných částic zabraňuje volnému průchodu spalin, a tím se navyšuje spotřeba až o 1,5l/100 km, oproti verzi automobilu bez filtru pevných částic. Další nevýhodou filtrů pevných částic je fakt, že v řadě případů je jeho pořizovací cena na úrovni pětinové ceny nového průměrného automobilu, a proto se jedná o značnou sumu při nutnosti výměny. Z tohoto důvodu existuje řada firem, které filtry z automobilu natrvalo odstraní a ulehčí tak peněženke majitelů ojetých automobilů, ovšem za cenu znečišťování ovzduší při provozu takového vozu. [13]

10. OPOTŘEBENÍ MOTORŮ

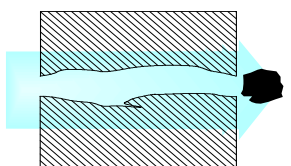
10.1 Stupně opotřebení motorů

U opotřebení motorů hraje významnou roli velikost částice, která se dostala do motoru a také její tvrdost. Proto ne každá částice má stejný účinek na proces opotřebení. Částice od velikosti 1μm může poškodit spalovací motor. [13]

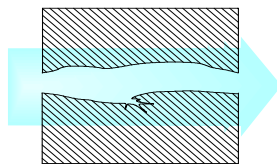
- Nečistota - částice, které jsou výrazně menší, než mezery mezi součástmi v motoru v určité koncentraci nemají žádný vliv na opotřebení motoru. Kvůli jejich malé velikosti nejsou v kontaktu s částmi motoru, ale jsou olejovou náplní vyplavovány směrem k olejovému filtru, kde dochází k zachytu. [13]



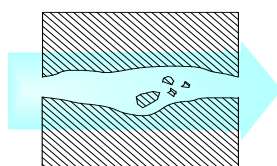
- Poškození povrchu - naopak částice, které jsou přibližně stejně velké, jako mezery mezi součástmi v motoru jsou pro spalovací motory velice nebezpečné. [13]



- Opotřebení – dlouhodobým vlivem škodlivých částic prachu v motorovém oleji vzniká opotřebení motorových součástí. [13]



- Vznik sekundárních nečistot – při opotřebení motoru dochází ke vzniku sekundárních nečistot, které jsou důsledkem působení prachových částic v motoru. [13]



Obrázek 29 - stupně opotřebení motorů [zdroj: 13]

11. INOVACE VYBRANÉHO VZORKU POMOCÍ NANOVLÁKEN

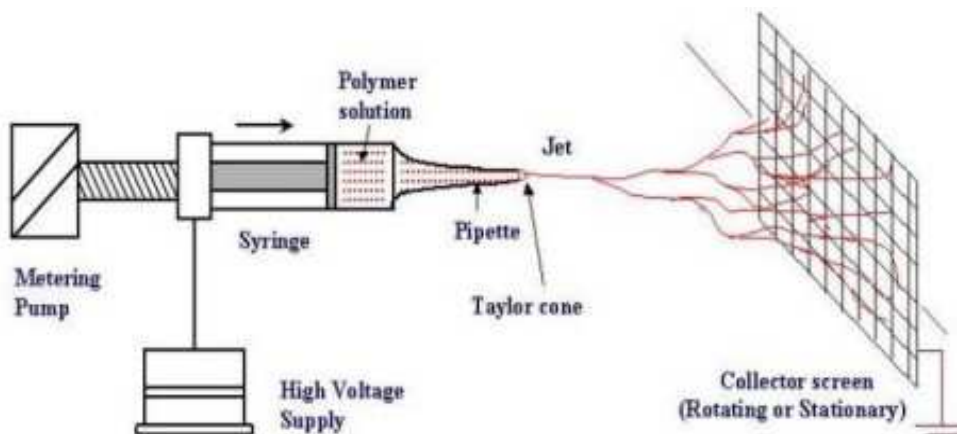
11.1 Definice nanovláken a jejich vlastností

Nanovlákná jsou taková vlákna, jejichž průměr nepřesahuje 1000 nm. Nazývají se také jako submikronová vlákna. Mezi jejich vlastnosti patří malá velikost pórů, vysoká porozita a velký měrný povrch. Vyrábí se z více než padesáti polymerních roztoků nebo tavenin. [45]

11.2 Technologie výroby nanovláken

11.2.1 Elektrostatické zvlákňování

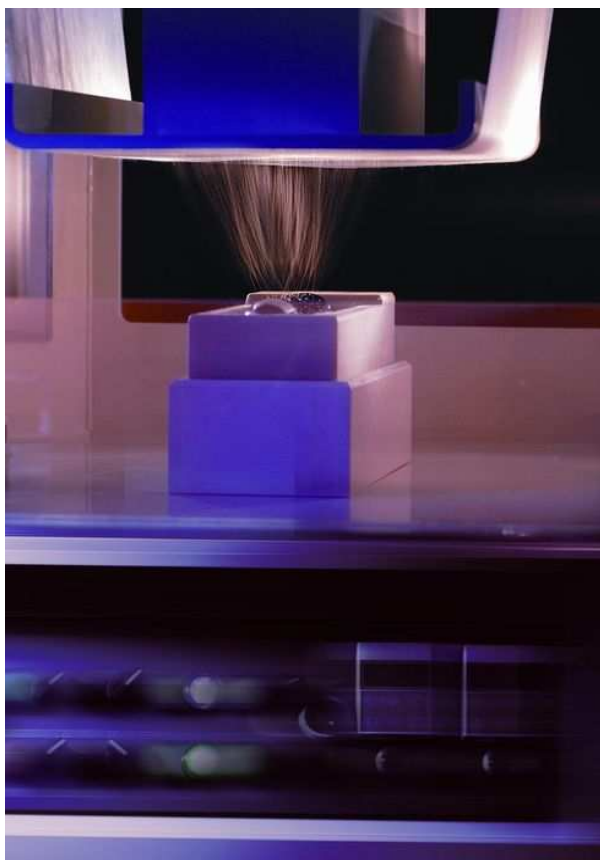
Elektrostatické zvlákňování je založeno na principu vytvoření elektricky nabitého proudu polymerního roztoku nebo taveniny, při kterém je využito vysoké napětí. Roztok nebo tavenina je zvlákňována zvlákňovací tryskou, přičemž elektroda vysokého napětí je spojena přímo s roztokem. Vytvořená nanovlákná jsou zachytávána na uzemněném kolektoru. Nanovlákná vznikají díky vysokému napětí mezi špičkou kapiláry a uzemněným kolektorem. Na špičce kapiláry vzniká tzv. Taylorův kužel. Zachycená vlákna na uzemněném kolektoru tuhnou, poté co dojde k odpaření rozpouštědla. Na povrchu kolektoru vytvoří nanovláknennou vrstvu. [45,51]



Obrázek 30 - elektrostatické zvlákňování [zdroj: 45]

11.2.2 Technologie nanospider

Technologie výroby nanovláken nanospider je výhodnější oproti elektrostatickému zvlákňování tím, že umožňuje průmyslovou výrobu netkaných textilií tvořených nanovlákný. Touto technologií jsou vyráběna vlákna o průměru 20 – 250 nm. Při technologii výroby nanospider je využit objev, který umožňuje vytvořit Taylorův kužel nejen z vrcholu kapiláry, ale i z tenké vrstvy polymerní taveniny. Při výrobě se používá válec, který je částečně ponořen v roztoku polymeru a zároveň dochází k jeho otáčení kolem své osy. Na povrchu válce se důsledkem otáčení válce vytváří tenký film roztoku polymeru. Nachází-li se v horní úvratí, dochází k mnohačetným ohniskům Taylorových kuželů v důsledku maximálního působení elektrického pole. Proudění roztoku jsou zbaveny rozpouštědla a před dosažením kolektoru se z nich stávají pevná vlákna. Tímto způsobem je dosaženo vysoké výrobní kapacity oproti technologii výroby elektrostatickým zvlákňováním. [45,51]



Obrázek 31 - technologie výroby nanospider [zdroj: 45]

12. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Účelem experimentální části bylo uskutečnit inovaci vzduchového filtru určeného k filtraci vzduchu přiváděného do spalovacích motorů automobilů. Celkově byly zkoumány čtyři vzorky filtračních materiálů. Vzorky pro měření byly poskytnuty společností MANN + HUMMEL, která se zabývá výrobou vzduchových motorových/kabinových, olejových a palivových filtrů již po několik desetiletí. Inovace a měření vzorků bylo provedeno v laboratořích nanovláknenných aplikací v budově TUL.

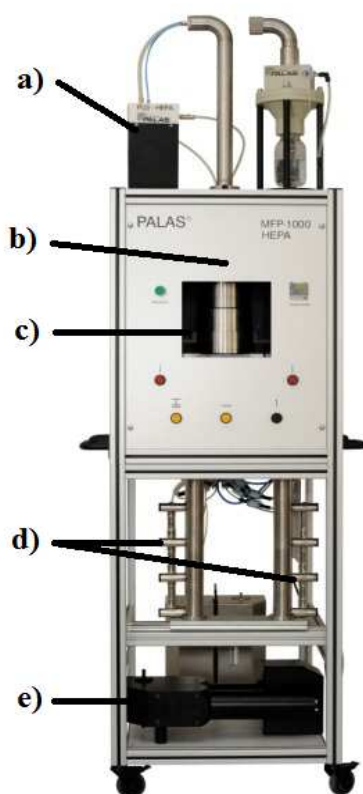
12.1 Popis měřícího zařízení

Pro měření bylo vybráno v současnosti nejpoužívanější měřící zařízení Palas MFP 1000 HEPA od německého výrobce, které garantuje mezinárodně srovnatelné výsledky měření svou certifikací přístroje. Toto měřící zařízení se používá k testování filtračních vlastností plošných filtračních materiálů. Pomocí zařízení se testuje efektivita zachytu aerosolových částic vztažených na jejich velikost a tlakové charakteristiky vloženého vzorku. Zařízení se osvědčilo při měření filtrační vlastností jak při vývoji, tak při kontrole filtračních materiálů výrobců. Jeho obsluha je oproti jiným zařízením poměrně jednoduchá a nevyžaduje nutnost zdoluhavého proškolení personálu. Měřící zařízení umožňuje provádět měření dle norem EN 1822-3, ISO 11155-1, EN779 a CEN EN 143. [46]

Detailní popis měřícího zařízení viz obrázek č. 32:

- a) Variabilní generátor aerosolu pomocí speciálního rozmetadla vytváří částice NaCl a KCl. Částice jsou vytvářeny za účasti systému sušení bez silika gelu. Sušením vzniká solný aerosol, který je přiváděn na vzorek suchým stlačeným vzduchem. Průtok pro sušení může být regulovaný prostřednictvím řídicí jednotky hmotnostního průtoku.
- b) Nastavitelný průtok pro různé hmotnostní toky. Nastavitelná přítoková směšovací rychlost od 1,5 do 40 cm/s. Regulace je prováděna za pomoci řídicí jednotky hmotnostního průtoku.

- c) Mobilní pneumatický držák filtru pro rychlou montáž a vyjmutí testovaného vzorku.
- d) Pohyblivé ředící kaskády, které jsou určené k předem definovanému ředění uvolněných testovacích aerosolů na faktory 1:10, 1:100, 1:1 000 a 1:10 000. Jelikož jsou jednoduše pohyblivé na pomocné konstrukci, tak můžeme zkušební zařízení v rychlosti přizpůsobit na požadované ředění solných aerosolů.
- e) Spektrometr rozptylu světla Welas® Digital 1000 pro měření frakční účinnosti separace. Na základě použitého softwaru FTControl řídí aplikovaný rozptyl světla a vyhodnocuje data. [46]



Obrázek 32 - měřicí zařízení Palas MFP 1000 HEPA [zdroj: 46]

Měření probíhá v rozmezí následujících hodnot:

- průtok vzduchu v rozmezí 0,54 – 16 m³/h
- velikost částic v rozmezí 0,12 – 3 μm
- měření diferenčního tlaku v rozmezí 0 – 2500 Pa. [4,46]

12.2 Popis měření

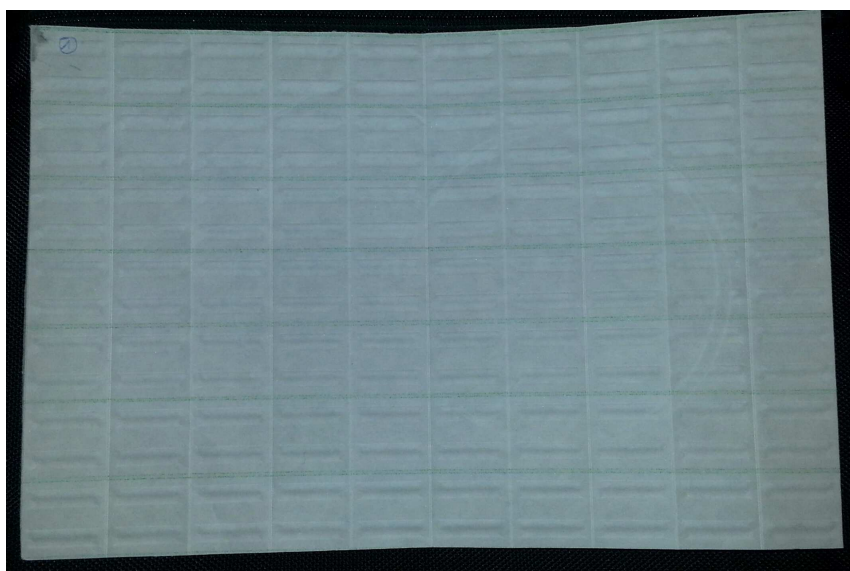
Při měření každého vzorku se musel zachovat určitý pracovní postup. Nejprve bylo nutné, aby se zařízení kalibrovalo pro měření. Kalibrace probíhá měřením bez vloženého vzorku, při kterém neprochází aerosolové částice skrze vzorek, ale prolétávají volně do zachytného místa. Po kalibraci je obsluha vyzvána k vložení testovaného vzorku do prostoru určeného k měření, na něž se spustí pneumatická hlavice měřicího zařízení o ploše 100 cm². Vzorek musí být vložen tak, aby vrchní strana byla zároveň náletovou stranou při použití v praxi. Vzorek nemusí být nijak specificky připraven. Je pouze žádoucí, aby byl při spouštění pneumatické hlavice kontrolován, zda-li není v nějakém místě shrnut či překryt. Dále by měl mít vzorek čtvercový tvar o rozměru strany nepřesahující 25 cm. Po vložení vzorku je obsluhou spuštěna pneumatická hlavice. Poté obsluha nastaví požadované ředění aerosolových částic a spustí měření. Generátor částic vygeneruje náletové částice aerosolu, které jsou hnány proudem vzduchu na vložený vzorek. Pod vzorkem je umístěn spektrometr, který spočítá efektivitu zachytu. Dále má zařízení senzory, které vyhodnotí tlakový spád na základě znalosti vstupního tlaku před vzorkem a výstupního tlaku za vzorkem. Počítač komunikující pomocí softwaru se zařízením vyhodnotí výsledky. Jsou zde vyhodnoceny efektivita zachytu aerosolových částic vztažených na jejich velikost a hodnota tlakového spádu. Celkově byly měřeny čtyři vzorky, přičemž každý vzorek byl proměřen třikrát pro zajištění vyšší přesnosti měření. U všech prováděných měření byl konstantní průtok vzduchu 30 l/min.

12.3 Popis vzorků

Vzorky vybrané pro měření byly poskytnuty společností MANN + HUMMEL. Jednalo se o čtyři filtrační materiály, které byly určeny k filtraci vzduchu přiváděného do motorového prostoru.

12.3.1 Vzorek č. 1

Vzorek č. 1 byl tvořen z celulózových vláken a byl vyroben jako netkaná textilie chemicky pojená. Byl narůžověle zbarven a po cca 2 cm měl vylišován dvoumilimetrový pruh z obou stran, který by při výrobě vzduchového filtru značně usnadnil sklad filtru do tvaru harmoniky. Vzorek byl opatřen samozhášivou úpravou. Dále měl v pravidelných intervalech opakující se vylišované promáčkliny. Jeho plošná hmotnost byla 136 g/m².



Obrázek 33 – vzorek č. 1 [zdroj: vlastní]

12.3.2 Vzorek č. 2

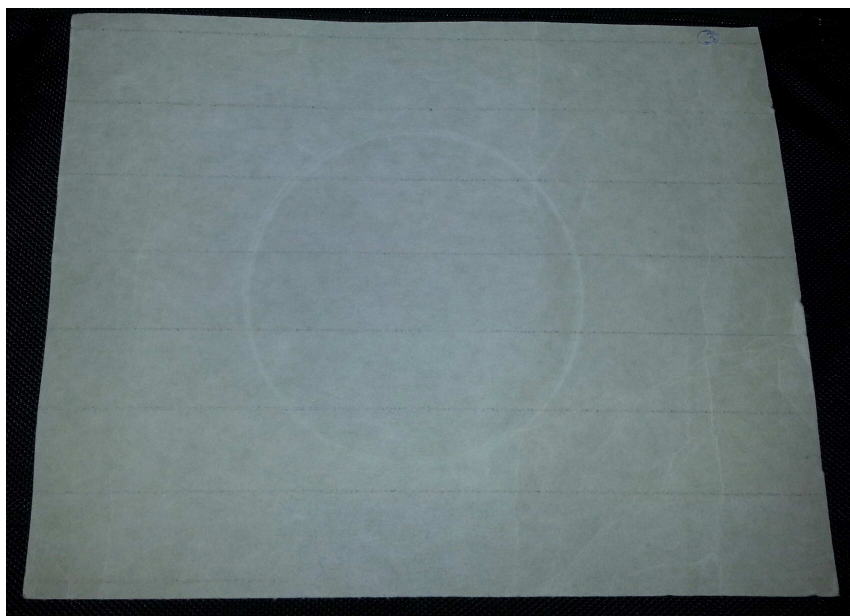
Vzorek č. 2 si byl se vzorkem č. 1 velice podobný. Byl také tvořen celulózovými vlákny a byl vyroben shodnou technologií výroby. Jeho prolisy byly také zcela shodné. Měl žlutou barvu a jeho plošná hmotnost byla 134 g/m².



Obrázek 34 – vzorek č. 2 [zdroj: vlastní]

12.3.3 Vzorek č. 3

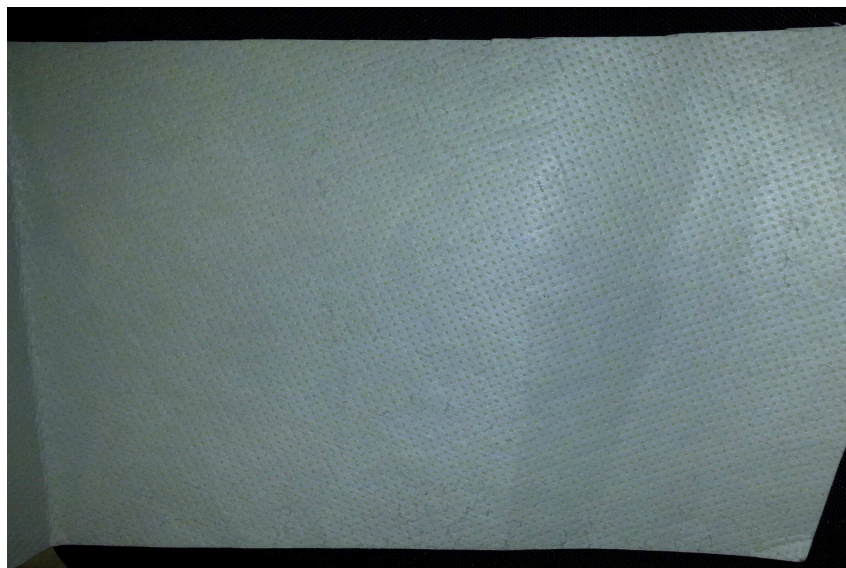
Vzorek č. 3 byl také vyroben z celulóзовých vláken technologií výroby netkaných textilií chemicky spojených a byl opatřen samozhášivou úpravou. Oproti předešlým vzorkům č. 1 a č. 2 se lišil tím, že neměl žádné prolisy ani záhyby. Byl bílé barvy a jeho plošná hmotnost byla 109 g/m².



Obrázek 35 – vzorek č. 3 [zdroj: vlastní]

12.3.4 Vzorek č. 4

Vzorek č. 4 se jako jediný od ostatních vzorků lišil podstatněji. Byl vyroben jako vrstvená textilie ze dvou vrstev, přičemž spodní část byla tvořena z celulózových vláken. Technologie výroby pro tuto vrstvu byla netkaná textilie chemicky pojená. Druhá horní vrstva, která sloužila jako náletová strana vzorku byla vyrobena z polyamidových vláken technologií výroby netkaných textilií meltblown. Vzorek byl bílé barvy a jeho plošná hmotnost byla 214 g/m².



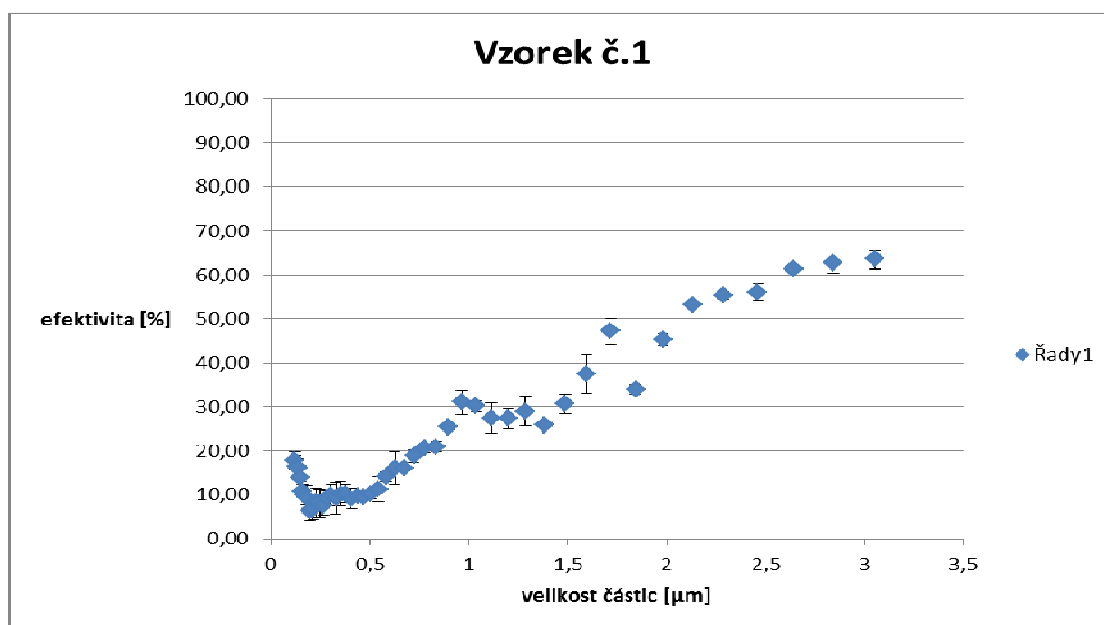
Obrázek 36 – vzorek č. 4 [zdroj: vlastní]

12.4 Výsledky experimentu

Jak již bylo uvedeno výše, každý vzorek byl měřen celkem třikrát, aby měly výsledky měření vypovídající hodnotu. Naměřené hodnoty nám zachytily efektivitu zachytu částic v procentech v rozmezí velikosti od 0,12 do 3 μm. Tyto hodnoty byly zprůměrovány pro jednotlivé velikosti částic a byla dopočítána směrodatná odchylka a variační koeficient. Hodnoty směrodatné odchylky jsou znázorněny v grafech jako chybové úsečky. Dále byla při měření naměřena hodnota tlakového spádu, které byla opět ze všech tří měření zprůměrována. Naměřené a dopočítané hodnoty jsou přílohou diplomové práce.

12.4.1 Naměřené hodnoty vzorku č. 1

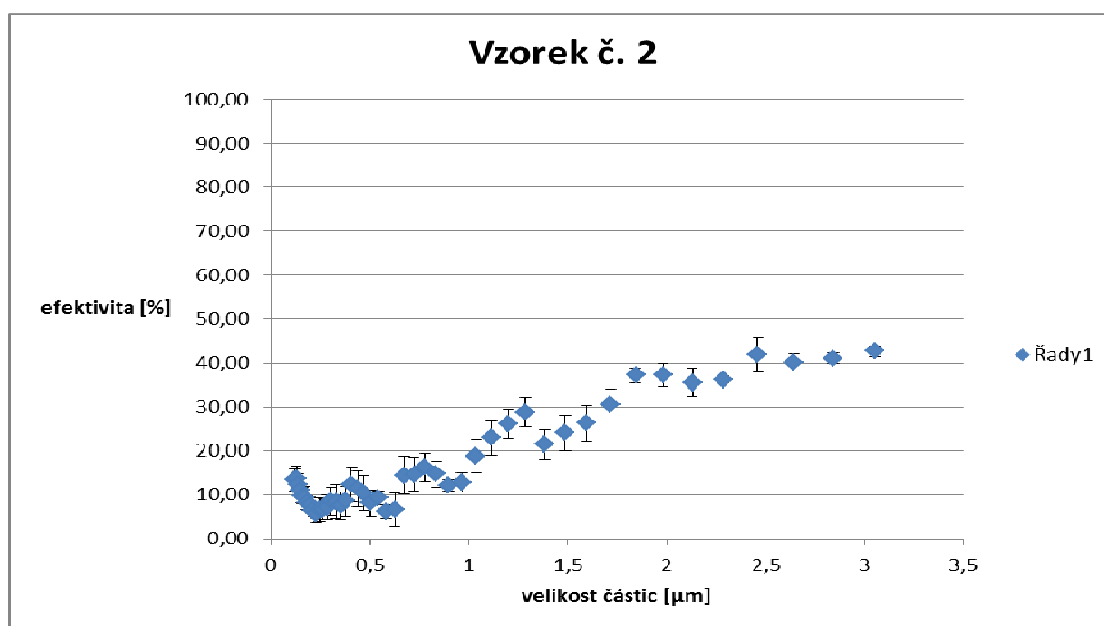
Naměřená hodnota efektivity záchytu byla pro částice o velikosti 0,12 μm 18 %. Poté efektivita klesala na hodnotu 6,4 % pro částice o velikosti 0,2 μm . To byla nejnižší naměřená hodnota efektivity tohoto vzorku. Od velikosti náletových částic 0,2 μm se efektivita opět zvyšovala až na hodnotu 30 % pro částice o velikosti 1 μm . Poté efektivita stagnovala až mírně klesala do velikosti částic 1,5 μm . Od velikosti náletových částic 1,5 μm se efektivita postupně zvyšovala až ke svému maximu 63 % pro částice o velikosti 3 μm . Efektivita záchytu částic byla poměrně nízká a to zejména do velikost částic 1 μm . V průběhu měření byl naměřen tlakový spád 15 Pa.



Graf 1 - efektivita záchytu vzorku č. 1 [zdroj: vlastní]

12.4.2 Naměřené hodnoty vzorku č. 2

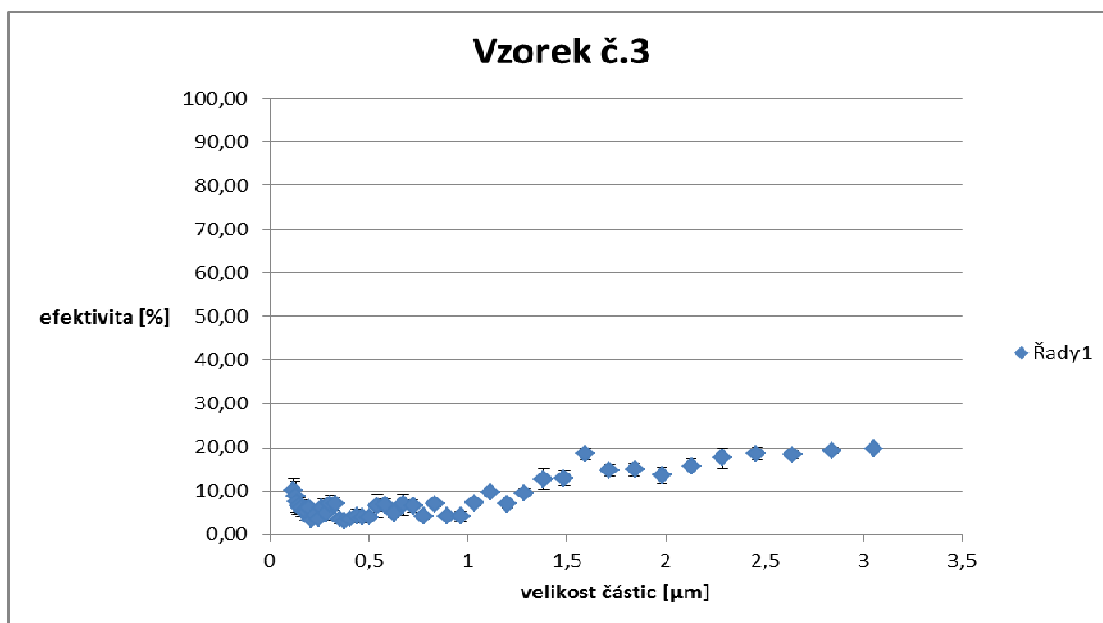
Vzorek č. 2 také nevykazoval vysoké hodnoty efektivity záchytu částic. Do hodnoty velikosti částic 1,2 μm nepřesáhl efektivitu záchytu 20 %. Pro částice o velikosti 1,3 μm vykazoval vzorek efektivitu záchytu 29 %, přičemž poté jeho efektivita opět spadla na hodnotu 21 % pro velikost částic 1,4 μm . Od této hodnoty se efektivita vzorku postupně zvyšovala na konečnou nejvyšší hodnotu 43 % pro náletové částice o velikosti 3 μm . Průměrná hodnota tlakového spádu byla naměřena také 15 Pa jako u vzorku č. 1.



Graf 2 - efektivita záchytu vzorku č. 2 [zdroj: vlastní]

12.4.3 Naměřené hodnoty vzorku č. 3

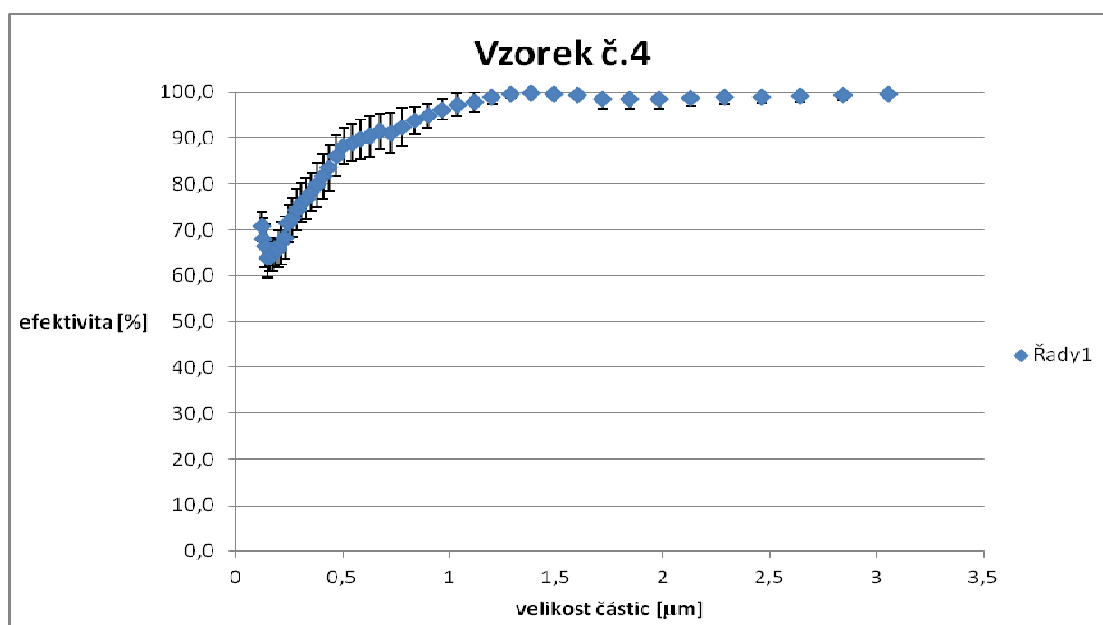
Efektivita záchytu částic vzorku č. 3 byla v celém rozmezí 0,12 – 3 μm velice nízká a nepřekročila ani pro jednu velikost hodnotu 20 %. Tlakový spád ovšem dosahoval výborné hodnoty 6 Pa. Z tohoto důvodu byl vzorek č. 3 vybrán pro další inovaci a následné měření jeho filtračních vlastností.



Graf 3 - efektivita záchytu vzorku č. 3 [zdroj: vlastní]

12.4.4 Naměřené hodnoty vzorku č. 4





Efektivita záchytu náletových částic o velikosti $0,12 \mu\text{m}$ byla 71 %. Poté efektivita mírně klesla a pro hodnoty částic o velikosti $0,15 \mu\text{m}$ se ustálila na 64 %. Od velikosti náletových částic $0,15 \mu\text{m}$ se efektivita záchytu neustále zvyšovala až na hodnotu 100 %. Dokonce od velikosti částic $0,6 \mu\text{m}$ do $3 \mu\text{m}$ se efektivita záchytu pohybovala v rozmezí od 90 do 100 %. U vzorku č. 4 byl naměřen tlakový spád s hodnotou 218 Pa.



Graf 4 - efektivita záchytu vzorku č. 4 [zdroj: vlastní]

12.4.5 Souhrn naměřených hodnot původních vzorků

V následující tabulce jsou přehledně zobrazeny naměřené hodnoty původních vzorků spolu s materiálovým složením a technologií výroby.

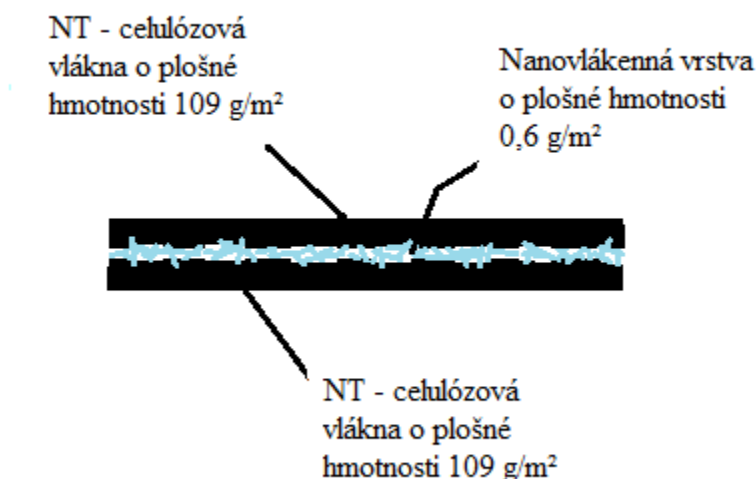
Vzor. č.	Foto	Materiálové složení	Technologie výroby	Plošná hmotnost [g/m ²]	Tlakový spád [Pa]	Max. efektivita [%]
1.		celulózová vlákna	NT chemicky pojená	136	15	63,5
2.		celulózová vlákna	NT chemicky pojená	134	15	42,7
3.		celulózová vlákna	NT chemicky pojená	109	6	20,5
4.		Celulózová vlákna + polyamid	NT chemicky pojená+Meltblown	214	206	99,8

Tabulka 3 – souhrnná tabulka zkoumaných vzorků [zdroj: vlastní]

12.5 Inovace vzorku a jeho laboratorní proměření

Z důvodu nejhorší efektivity záchytu prachových částic ze všech vzorků byl k inovaci vybrán vzorek č. 3, který byl inovován celkově třemi způsoby.

12.5.1 Inovace vzorku sendvičovou konstrukcí s vrstvou nanovláken

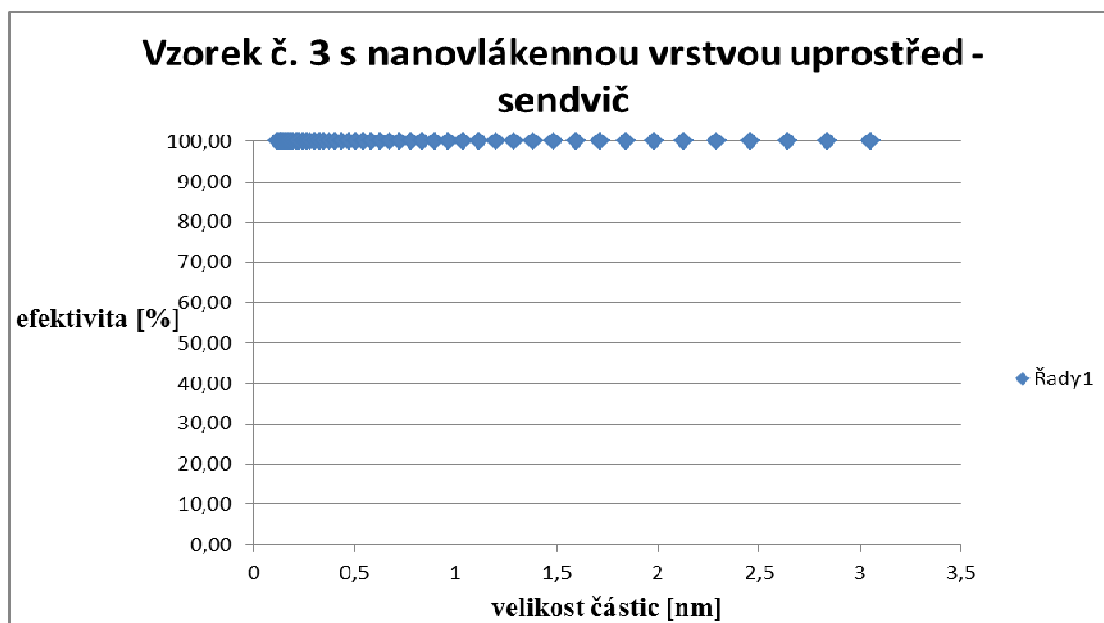


Obrázek 37 – schematické zobrazení inovace č. 1 [zdroj: vlastní]

Pro první inovaci byl vytvořen vzorek, který měl sendvičovou konstrukci tvořenou filtračním materiálem vzorku č. 3 na horním a dolním okraji vzorku a vrstvou polyamidových nanovláken uprostřed viz obrázek č. 37. Celkově měl inovovaný vzorek plošnou hmotnost 218,6 g/m².

12.5.1.1 Výsledky laboratorního měření

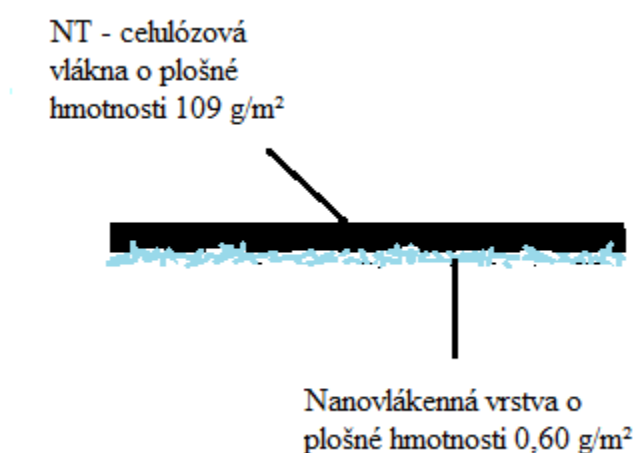
Efektivita záchytu náletových částic byla v celém rozsahu od velikosti 0,12 μm do 3 μm stoprocentní. Na druhou stranu byl u takto inovovaného vzorku naměřen tlakový spád 500 Pa. To je hodnota, která naznačuje velice nízkou prodyšnost filtru. Při použití filtru v praxi by mohlo dojít v nebyvale brzké době k úplnému zanesení filtru oproti běžně používaným a následně k jeho protržení.



Obrázek 38 - schematické zobrazení inovace č. 2 [zdroj: vlastní]

12.5.2 Inovace vrstvou nanovláken o plošné hmotnosti 0,60 g/m²

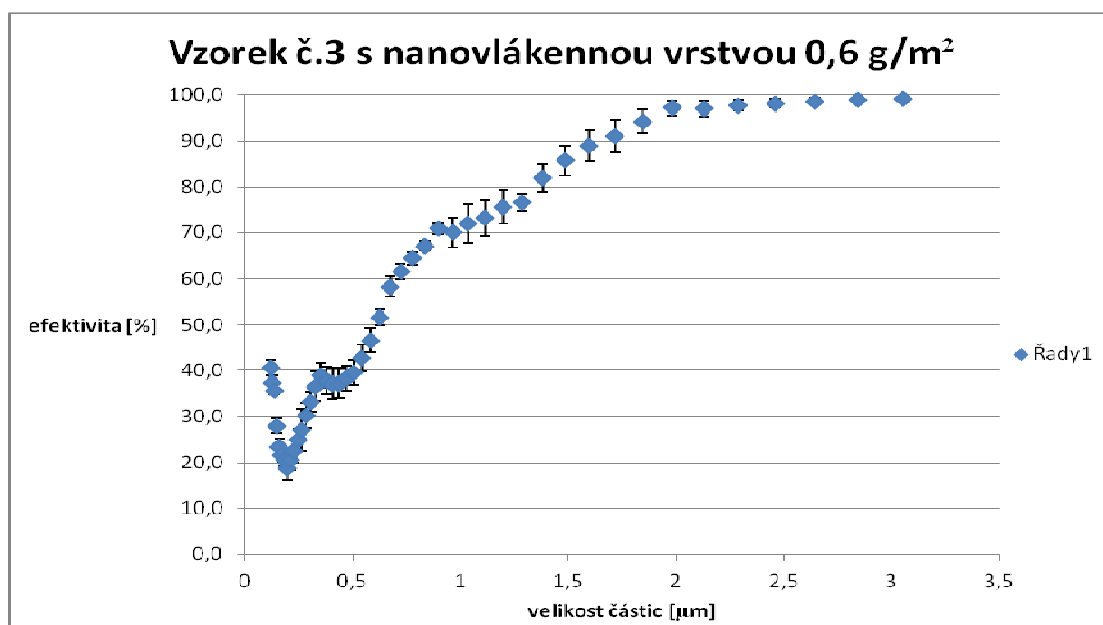
Pro druhé měření byl vzorek vytvořen následujícím způsobem. Opět se jednalo o vzorek č. 3, ke kterému byla nyní přidána nanovláknenná vrstva o plošné hmotnosti 0,60 g/m². Vzorek se tedy nyní skládal pouze ze dvou vrstev, přičemž náletová strana byla z části tvořené celulóзовými vlákny. Ze spodní části byla nanovláknenná vrstva z polyamidových vláken. Vzorek byl nyní o celkové plošné hmotnosti 109,6 g/m².



Obrázek 39 - schematické zobrazení inovace č. 2 [zdroj: vlastní]

12.5.2.1 Výsledky laboratorního měření

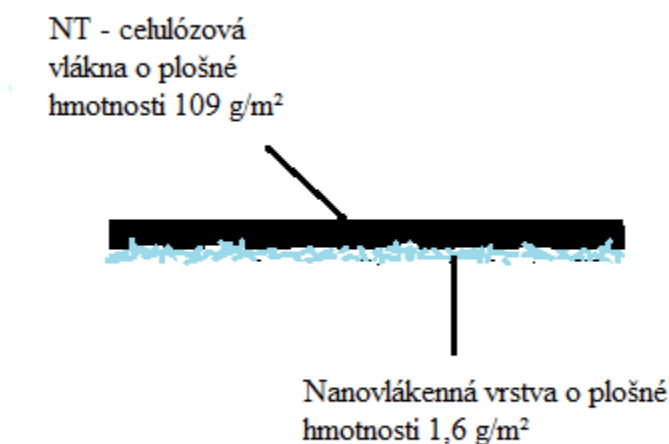
Na základě provedeného měření byly zjištěny následující výsledky. Efektivita záchytu náletových částic byla pro částice o velikosti $0,12\ \mu\text{m}$ 41 %. Poté efektivita klesala až na hodnotu 19 % pro částice o velikosti $0,2\ \mu\text{m}$. Od hodnoty $0,2\ \mu\text{m}$ se efektivita zvyšovala na 39 % pro částice o velikosti $0,35\ \mu\text{m}$. Dále efektivita pro částice o velikosti $0,35\ \mu\text{m}$ až $0,5\ \mu\text{m}$ stagnovala a poté se efektivita záchytu zvyšovala až na konečnou hodnotu 99 % pro částice o velikosti $3\ \mu\text{m}$. Tlakový spád pro takto inovovaný vzorek měl hodnotu 28 Pa. V případě použití inovovaného vzorku tímto způsobem by bylo vhodné brát v potaz snížení efektivit filtrace o 5 - 10 % při výrobě vzorku ve výrobním závodu. Nanovláknenná vrstva by musela být k papírové části připevněna napevno. Spojení by mohlo výslednou efektivitu snížit.



Graf 5 - efektivita záchytu vzorku č. 3 s nanovláknennou vrstvou o plošné hmotnosti $0,6\ \text{g/m}^2$ [zdroj: vlastní]

12.5.3 Inovace vrstvou nanovláken o plošné hmotnosti 1,60 g/m²

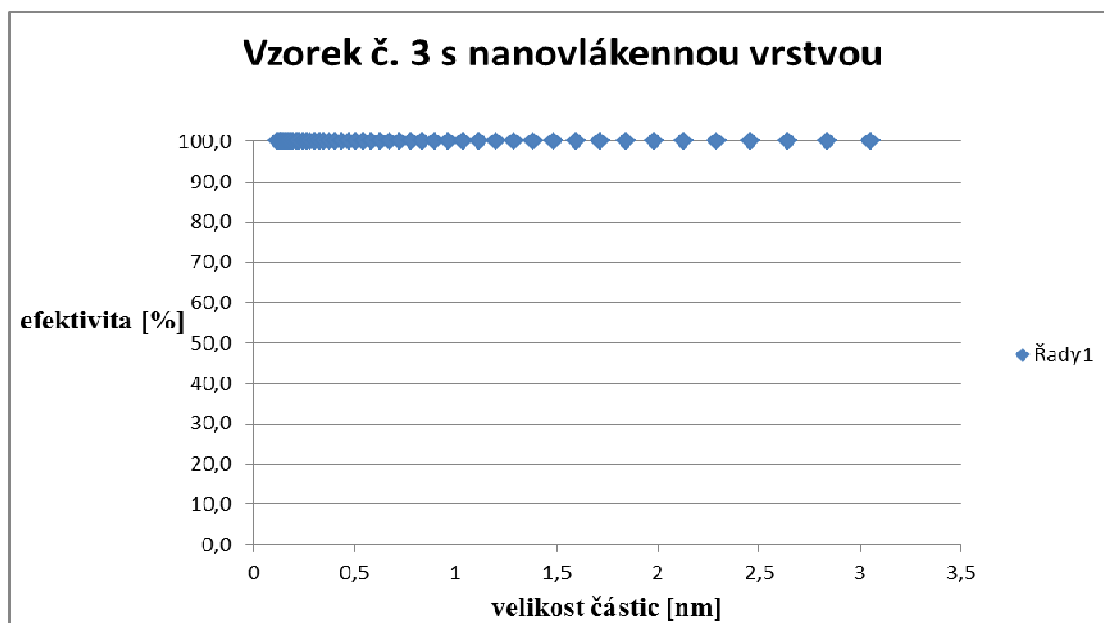
Vzorek č. 3 byl upraven pro poslední třetí měření. Úprava byla shodná s druhým měřením, kde byla k filtru z celulóзовých vláken přidána vrstva polyesterových nanovláken. Náletová strana částic prachu byla opět část filtračního média tvořena celulóзовými vlákny. Úprava spočívala ve změně plošné hmotnosti použité nanovláčenné vrstvy, která nyní dosahovala hodnoty 1,6 g/m². Celková plošná hmotnost třetí inovace vzorku č. 3 činila 110,6 g/m².



Obrázek 40 - schematické zobrazení inovace č. 3 [zdroj: vlastní]

12.5.3.1 Výsledky laboratorního měření

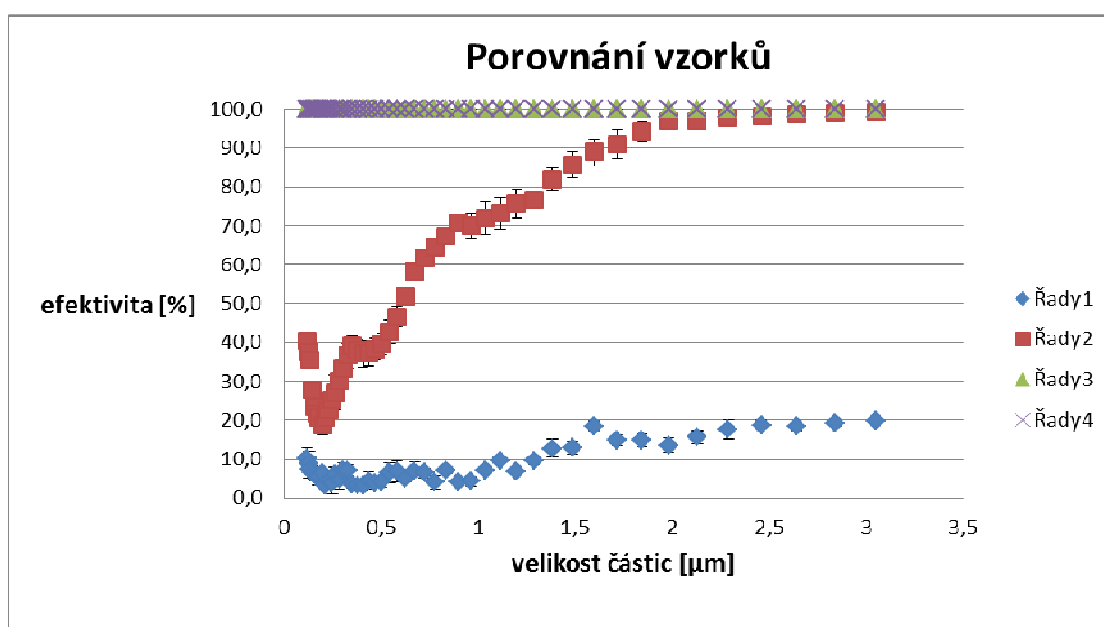
Upravený vzorek o vrstvu nanovláken o plošné hmotnosti 1,6 g/m² dosáhl při měření následujících hodnot. Efektivita záchytu náletových částic byla v celém rozsahu od 0,12 μm do 3 μm 100%. Tlakový spád byl naměřen s hodnotou 217 Pa. Tato hodnota je oproti původnímu vzorku vyšší, ovšem je srovnatelná se vzorkem č. 4, který nevykazoval tak velkou efektivitu záchytu oproti inovovanému vzorku č. 3.



Graf 6 - efektivita záchytu vzorku č. 3 s nanovláknennou vrstvou o plošné hmotnosti 1,6 g/m² [zdroj: vlastní]

12.6 Porovnání inovovaných vzorků vůči původnímu

Na následujícím grafu je zobrazeno porovnání inovovaných vzorků oproti původnímu vzorku č. 3, který je v grafu znázorněn modrou barvou a je pojmenován jako řada 1. Dále je v grafu červenou barvou znázorněn inovovaný vzorek s nanovláknennou vrstvou o plošné hmotnosti 0,6 g/m² a zelenou barvou inovovaný vzorek s vrstvou nanovláken o plošné hmotnosti 1,6 g/m², který je označen v grafu jako řada 3. Inovovaný vzorek sendvičovou konstrukcí je v grafu znázorněn jako řada 4, který se překrývá s řadou 3. V grafu je přehledně vyobrazena efektivita záchytu částic jednotlivých inovovaných vzorků v závislosti na původním.



Graf 7 - porovnání efektivy původního vzorku oproti inovovaným vzorkům [zdroj: vlastní]

13. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

13.1 Cenová kalkulace filtračního média původních vzorků

Kalkulace vzduchového filtru byla provedena na vozidlo Škoda Octavia druhé generace s motorem 1.9 Tdi 77kw z důvodu nejčastěji se vyskytujícího automobilu na českých silnicích. Filtrační médium zkoumaných vzorků č. 1 až č. 3 bylo tvořeno netkanou textilií z celulózových vláken o odlišných plošných hmotnostech. Vzorek č. 4 byl tvořen netkanou textilií z celulózových vláken, který měl na jedné straně vrstvu polyamidových vláken vyrobenou technologií meltblown. U výše uvedených vzorků byla zjištěna prodejní cena filtračního papíru pro výrobce vzduchových filtrů, který takto připravené vzorky nakupuje od svého dodavatele. Na základě znalosti plošné hmotnosti a rozměrů filtru byla dopočítána cena za materiál potřebného k výrobě vzduchového filtru. Míry filtru jsou: šířka – 0,1355 m, délka – 0,3445 m a výška – 0,07 m. Toto jsou celkové rozměry filtru včetně okrajové, polyuretanové těsnicí pěny. Rozměry papírové filtrační části jsou odlišné. Pro určení přesných rozměrů byl jeden filtr určený k instalaci do vozu Škoda Octavia zakoupen a rozebrán. Filtr měl celkově 114 skladů. Každý sklad měl dvě strany filtrační plochy o výšce 0,06 m. Po rozložení byla naměřena délka filtrační plochy 13,68 m. Šířka filtrační plochy bez polyuretanových okrajů byla 0,1225 m. Celková plocha filtrační části činila 1,6758 m². Cena byla dopočítána viz tabulka. [13,47]

Vzorek č.	Plošná hmotnost g/m ²	Cena za m ² Kč	Cena za 1g Kč	Cena za filtrační materiál na Škodu OII
1	136	50,-	0,37	83,79
2	134	45,-	0,34	75,41
3	109	47,-	0,43	78,76
4	214	55,-	0,26	92,17

Tabulka 4 - cenová kalkulace původních vzorků na vůz Škoda Octavia II [zdroj: 13,47]

V tabulce jsou vypočítány ceny pouze za materiál filtrační části vzduchového filtru na vůz Škoda Octavia druhé generace. V této ceně nejsou započítány náklady na polyuretanovou pěnu. Zelenou barvou je vyznačen vzorek č. 3, který byl předmětem inovace.

13.2 Cenová kalkulace filtračního média inovovaných vzorků

U cenové kalkulace filtračních médií inovovaných vzorků můžeme vycházet z cenové kalkulace vzorku č. 3, který byl upravován. Rozměry filtrační části jsou pro výpočet i pro případnou výrobu shodné. Cena za materiál upravovaného vzorku před inovací činí 78,76 Kč. Úpravy vzorku č. 3 jsme provedli celkem tři, nicméně první inovaci nebudeme v kalkulaci vyčíslovat, jelikož se po měření ukázala v praxi nepoužitelná. U výrobce nanovláken byla zjištěna cena 30 Kč za metr čtverečný nanovláknenné vrstvy o plošné hmotnosti 1 g/m². V prvním řádku tabulky je zobrazena kalkulace vzorku č. 3 převzatého z tabulky č. 4. V druhém řádku tabulky je zobrazena kalkulace nanovláknenné vrstvy o plošné hmotnosti 0,6 g/m². Ve třetím řádku je vyobrazena cenová kalkulace pro vzorek č. 3 inovovaná o nanovláknennou vrstvu o plošné hmotnosti 0,6 g/m². Dále v předposledním řádku je zobrazena kalkulace nanovláknenné vrstvy o plošné hmotnosti 1,6 g/m², a v pátém řádku je vyčíslena nákladnost výroby vzorku č. 3 spolu s nanovláknennou vrstvou o plošné hmotnosti 1,6 g/m². [48]

Vzorek č.	Plošná hmotnost g/m ²	Cena za m ² Kč	Cena za 1g Kč	Cena za filtrační materiál na Škodu OII
3	109	47	0,43	78,76
Nanovlákn 0,6 g/m ²	0,6	18	30	30,16
3+nanovlákn 0,6 g/m²	109,6	65	30,43	108,92
Nanovlákn 1,6 g/m ²	1,6	48	30	80,44
3+nanovlákn 1,6 g/m²	110,6	95	30,43	159,2

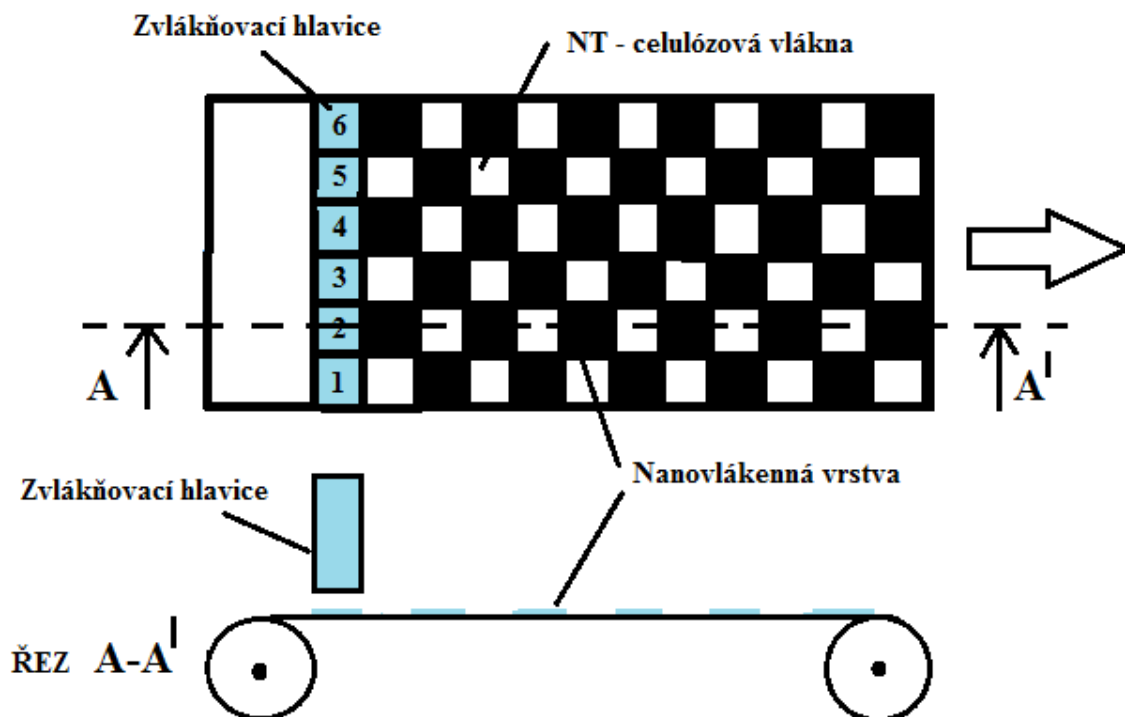
Tabulka 5- cenová kalkulace inovovaných vzorků na vůz Škoda Octavia II [zdroj:48]

13.3 Výsledné ekonomické zhodnocení inovace

Vzorek č. 3 se svými nevyhovujícími filtračními vlastnostmi stál před inovací 78,76 Kč za velikost materiálu potřebného k vyrobení vzduchového filtru pro vůz Škoda Octavia druhé generace. Po inovaci nanovláknennou vrstvou o plošné hmotnosti 0,6 g/m² by filtrační médium stálo 108,92 Kč, což je navýšení o 38 %. V případě inovace nanovláknennou vrstvou o plošné hmotnosti 1,6 g/m² by stálo filtrační médium 159,2 Kč, což znamená navýšení o více než 100 %. Doporučoval bych tedy v praxi použít inovaci nanovláknennou vrstvou o plošné hmotnosti 0,6 g/m². Filtrační vlastnosti takto inovovaného filtru by byly pro účely filtrace vzduchu přiváděného vzduchu dostačující. Vzorek č. 4 sice vykazoval obdobné (pro menší částice dokonce lepší) hodnoty efektivity zachytu prachových částic než inovovaný vzorek č. 3 nanovláknennou vrstvou o plošné hmotnosti 0,6 g/m², ovšem jeho tlakový spád oproti inovovanému byl cca 7x větší. Cena se u vzorku č. 3 navýšila oproti vzorku č. 4 o 16,75,- Kč. Dá se předpokládat, že vzhledem k neustále se rozšiřující výrobě nanovláken dojde postupem času ke zlevnění jejich výroby, a tím i k lepší dostupnosti při výrobních procesech vzduchových filtrů. Cenové navýšení by tak mohlo být v brzké době smazáno. Kalkulace byla prováděna pouze na filtrační část vzduchového filtru, tzn., že navýšení celkové výrobní ceny vzduchového filtru by v žádném případě nebylo 38 %, ale bylo by daleko nižší. [48]

14. VÝSLEDKY A DISKUZE

K inovaci byl vybrán vzorek č. 3, který při měření vykazoval nejhorší efektivitu zachytu generovaných aerosolových částic ze všech vzorků. Vzorek byl inovován třemi způsoby, které jsou podrobně popsány v předešlých kapitolách a následně byly vzorky proměřeny pro hodnoty efektivitu zachytu a tlakového spádu. Vzorek inovovaný vrstvou nanovláken o plošné hmotnosti 0,6 g/m² nám potvrdil, že tato vrstva nanovláken může zásadním způsobem ovlivnit efektivitu zachytu bez výraznějšího zvýšení tlakového spádu oproti původnímu vzorku. Vzorek inovovaný o vrstvu nanovláken o plošné hmotnosti 1,6 g/m² nám dokonce zvýšil efektivitu zachytu takřka na 100 %, ovšem již na úkor zvýšení tlakového spádu. Takto inovované vzorky by mohly vylepšit požadované vlastnosti poměrně jednoduchým způsobem, ale na druhou stranu by tento způsob inovace mohl sebou nést i některá rizika. Při proudění vzduchu filtrem by mohlo docházet k uvolňování nanovláken a k nasávání vláken do motoru. Tím by nejspíše došlo k postupnému snižování efektivitu zachytu filtru a také by eventuálně mohlo docházet k hromadění vláken v olejovém filtru a dále ke snížení filtračního účinku filtru. Z tohoto důvodu by byla výhodnější sendvičová konstrukce inovovaného filtru, u které by k uvolňování vláken nemělo docházet a pokud ano, tak by je zachytila vrstva netkané textilie z celulózových vláken. Sendvičový filtr ovšem vykazoval vysokou hodnotu tlakového spádu, která by bránila jeho použití v praxi. Proto by vzorek musel být upraven tak, aby se jeho tlakový spád snížil. Zmenšení tlakového spádu bychom mohli dosáhnout, pokud by byla vrstva nanovláken nanášena přímo na vrstvu netkané textilie z celulózových vláken v rastru. Pro tuto výrobu by muselo být vytvořeno nové výrobní zařízení, které by mělo jednotlivé zvlákňovací hlavice v řadě. Při výrobě vzorku by docházelo k odvinutí netkané textilie z celulózových vláken z podávacího válce pod zvlákňovací hlavice. Zvlákňovací hlavice by pracovaly v pořadí 1, 3 a 5 současně, a po odvinutí určitého kusu podkladní netkané textilie z celulózových vláken by pracovaly v pořadí 2, 4 a 6. Tím by vznikala „šachovnice“ s místy pokrytými nanovláknem a bez nich. Po nanesení rastru z nanovláken by byla vrstva navinuta na navíjecí válec.



Obrázek 41 - výrobní zařízení se zvlákňovacími hlavicemi [zdroj: vlastní]

V další výrobní operaci by byl tento navíjecí válec převinut spolu s druhou vrstvou netkané textilie z celulósových vláken a za pomoci aplikovaného lepidla v určitých částech by byla vytvořena sendvičová konstrukce.



Obrázek 42 - doplnění NT s rastrem o krycí NT [zdroj: vlastní]

U vzorku by určitě došlo ke snížení tlakového spádu a také ke snížení efektivity. Vzorek by musel být podroben měření, aby byly známy konkrétní hodnoty efektivity zachytu prachových částic a tlakového spádu pro stanovení možnosti aplikace této úpravy. Nicméně i bez provedeného měření se domnívám, že efektivita zachytu prachových částic

by zůstala vysoká, ale hodnota tlakového spádu by se snížila na přijatelnou mez. Takto provedené úpravy by měly být předmětem dalšího zkoumání a laboratorních měření.

Další možností by mohla být výroba filtračních materiálů v podobě netkaných textilií ze směsi celulózových vláken a nanovláken. V tomto případě by ovšem bylo nutné vynalézt výrobní postup, respektive výrobní zařízení, které by bylo schopné zvlákňovat nanovlákna do vody. Vlákná by byla zvlákňována do roztoku z celulózových vláken a poté by docházelo ke shodnému výrobnímu postupu jako při současné výrobě filtračních materiálů. Tento návrh výroby filtračních materiálů k motorové filtraci měl být také předmětem dalšího zkoumání.

15. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navrhnout inovaci zvoleného typu filtru pro účely automobilového průmyslu. Po zpracování patentové rešerše byl k inovaci vybrán vzduchový filtr určený k filtraci přiváděného vzduchu do motoru. Diplomová práce byla zpracována za spolupráce společnosti MANN + HUMMEL, která pro měření poskytla vzorky, z nichž v současnosti vyrábí vzduchové filtry. Jednalo se celkem o čtyři vzorky, přičemž pro účely inovace byl vybrán vzorek s nejhorší efektivitou zachytu částic, který byl následně inovován a proměřen.

Konkrétně se jednalo o vzorek č. 3, který byl vyroben jako netkaná textilie z chemicky pojených celulózových vláken. Vzorek byl o plošné hmotnosti 109 g/m^2 . Jeho efektivita zachytu prachových částic o velikosti do $3 \text{ }\mu\text{m}$ byla na velice nízké úrovni a to 20 %, oproti tomu tlakový spád tohoto vzorku byl pouze 6 Pa. Celkem byly vytvořeny tři inovované vzorky vždy za použití nanovlákněné vrstvy. První inovace spočívala ve vytvoření sendvičové konstrukce ve složení vrstva vzorku č. 3, vrstva nanovláken o plošné hmotnosti $0,6 \text{ g/m}^2$ a vrstva vzorku č. 3. Filtrační schopnosti upraveného vzorku byly velice dobré, ale tlakový spád na hranici 500 Pa by byl pro motorovou filtraci nepřijatelný, protože by byl filtr málo průchodný a nedostávalo by se vhodného objemového naplnění válce pro spalování. Druhá a třetí inovace byly obdobné, kdy byly vzorky inovovány o vrstvu nanovláken z jedné strany. Pouze se použily nanovlákněné vrstvy o odlišných plošných hmotnostech. V jednom případě byla plošná hmotnost nanovlákněné vrstvy $0,6 \text{ g/m}^2$ a v druhém případě $1,6 \text{ g/m}^2$. U obou inovovaných vzorků byla náletová část prachových částic tvořena celulózovou vrstvou vzorku č. 3. Vzorek byl vždy tvořen pouze dvěma vrstvami. Inovovaný vzorek s vrstvou nanovláken o plošné hmotnosti $0,6 \text{ g/m}^2$ dosáhl vysoké efektivy filtrace a od velikosti částic $1 \text{ }\mu\text{m}$ dosahoval efektivy zachytu 70 % a postupně dosáhl efektivy 100 %. Přitom průměrná hodnota tlakového spádu byla naměřena 28 Pa. Inovovaný vzorek s vrstvou nanovláken o plošné hmotnosti $1,6 \text{ g/m}^2$ dosáhl efektivy zachytu částic 100 % v celém spektru velikosti měřených částic. Tlakový spád byl naměřen 217 Pa. Jedná se také o poměrně vysoký tlakový spád, nicméně společnost MANN + HUMMEL používá pro výrobu vzduchových filtrů i vzorek s obdobným tlakovým spádem (vzorek č. 4), který ovšem nedosahuje tak vysokých hodnot efektivy zachytu prachových částic. Z ekonomického hlediska by se

dala výroba takto upravených filtrů doporučit minimálně z hlediska budoucích 5 let, kdy bezpochyby dojde k rozšíření výrobních technologií nanovláken a v důsledku i ke snížení nákladů na jejich výrobu. Navýšení by v případě použití vrstvy nanovláken o nižší plošné hmotnosti bylo v rozsahu 38 % a v případě použití nanovláken o vyšší plošné hmotnosti v rozsahu cca 100 %. Tato kalkulace zahrnuje pouze navýšení na výrobu filtračního materiálu bez kalkulace výroby filtru s polyuretanovou pěnou, tzn., že konečná cena filtru by v žádném případě nebyla navýšena o uváděná procenta, ale byla by podstatně nižší. Inovované vzorky splnily cíl ve zlepšení filtračních vlastností, nicméně předmětem dalšího zkoumání by měly být další dvě navrhované úpravy. V prvním případě by se jednalo o úpravu sendvičového vzorku, při které by bylo cílem snížit hodnotu tlakového spádu. Výroba netkaných textilií z celulózových vláken by byla shodná jako v současné době. Na jednu vrstvu by byly nanášeny nanovlákná zvláknovacími hlavicemi v předem nastaveném pořadí, které by vytvářely šachovnici. Druhá vrstva netkané textilie z celulózových vláken by byla ke straně s šachovnicí přilepena místy s aplikovaným lepidlem.

Ve druhém případě by bylo cílem vyrobit filtrační materiál, ze kterého by nehrozil úlet vláken z nanovláknenné vrstvy. To by mohlo být docíleno tak, že by byla nanovlákná zvláknována přímo do roztoku celulózových vláken a další postup výroby by byl shodný se současnou výrobou netkaných textilií z celulózových vláken. Oba dva návrhy zlepšení by měly být předmětem dalšího zkoumání.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HRŮZA, Jakub. *Automobilové filtry – I.díl. Popis filtrace a požadavky* [online]. Česká republika [cit. 2012-9-6]. Dostupné z: http://www.ft.tul.cz/depart/knt/web/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=53&Itemid=36
- [2] HRŮZA, Jakub. *Automobilové filtry – II.díl. Druhy a aplikace filtrů* [online]. Česká republika [cit. 2012-9-25]. Dostupné z: <http://www.ft.tul.cz/depart/knt/web/index.php?option>
- [3] BROWN, Richard. *Air filtration: an integrated approach to the theory and applications of fibrous filters*. 1st ed. New York: Pergamon Press, 1993, xix, 272 p. ISBN 00-804-1274-2.
- [4] ČÍŽEK, Zdeněk. *Analytické laboratoře Plzeň, a.s.* [online]. Česká republika [cit. 2013-02-11]. Dostupný z: <http://www.alplzen.cz/?goto=news&tid=4&lng=cz>
- [5] AUTOFILTR [online]. Česká republika [cit. 2012-10-11]. Dostupné z: <http://www.autofiltr.cz/olejove-filtry/>
- [6] AUTOFILTR [online]. Česká republika [cit. 2012-10-16]. Dostupné z: <http://www.autofiltr.cz/palivove-filtry/>
- [7] BOLŠÁKOV, Alexandr. *Samočistící palivový filtr* [online]. Česká republika [cit. 2012-10-17]. Dostupné z: <http://spisy.upv.cz/Patents/FullDocuments/260/260971.pdf>
- [8] WALBRO CORPORATION, U.S.A. *In-tank fuel reservoir and filter diaphragm* [online]. U.S.A. [cit. 2012-10-22]. Dostupné z: <http://patents.ic.gc.ca/opic-cipo/cpd/eng/patent/1278473/summary.html>
- [9] BRANDT, Timothy. *Fuel filter with electrostatic charge preventing media* [online]. U.S.A. [cit. 2012-10-22]. Dostupné z: <http://patents.justia.com/patent/5396396>
- [10] UFI FILTERS, S.p.A. *Fuel filter for diesel engines with high pressure direct injection of common rail type and the like* [online]. [cit. 2012-10-30]. Dostupné z: <http://www.google.com/patents/WO2004051070A1?hl=cs&cl=en>

[11] ELIŠÁK, Jan. MANN + HUMMEL [online]. Česká republika [cit. 2012-11-10]. Dostupné z: <http://www.filtr.elisak.cz/>

[12] CESTOVÁNÍ. *Tunel pod Mont Blancem se znovu otevírá* [online]. Česká republika [cit. 2012-11-10]. Dostupné z: http://cestovani.idnes.cz/tunel-pod-mont-blancem-se-znovu-otevira-fcy-/kolem-sveta.aspx?c=A020304_203416_igsvet_kah

[13] *Filtrace v automobilech*. FILTERWERK MANN+HUMMEL GMBH 2012. Interní PPT prezentace [cit. 2013-04-10].

[14] HEINZ, Andress, Arthur KLOTZ, Christof MANGOLD a Hermann MAURER. FILTERWERK MANN+HUMMEL GMBH. *Vzduchový filtr pro vnitřní prostor motorových vozidel* [online]. Německo. [cit. 2012-08-24]. Dostupné z: <http://isdv.upv.cz/portal/pls/portal/portlets.pts.det?xprim=55931&lan=cs>

[15] VOLKER, Ernst, Arthur KLOTZ, Rudolf LEIPELT. FILTERWERK MANN+HUMMEL GMBH. *Vzduchový filtr pro vnitřní prostor motorových vozidel* [online]. Německo. [cit. 2012-08-24]. Dostupné z: <http://www.upv.cz/cs/sluzby-uradu/databaze-on-line/databaze-patentu-a-uzitnych-vzoru/zahranicni-databaze.html>

[16] FREY, Marcus, Roland DOBNER. BEHR GMBH, CARL FREUDENBERG KG. *Vzduchový filtr, zejména filtr vnitřního prostoru pro motorová vozidla* [online]. Německo. [cit. 2012-08-26]. Dostupné z: <http://www.epo.org/searching/free/espacenet.html>

[17] AROLD, Klaus. DAIMLER AG. *Vzduchový filtr pro ventilační zařízení motorového vozidla* [online]. Německo. [cit. 2012-08-29]. Dostupné z: <http://www.upv.cz/cs/sluzby-uradu/databaze-on-line/databaze-patentu-a-uzitnych-vzoru/zahranicni-databaze.html>

[18] BARR, Perry. AMALGAMATED CARBURETTERS LIMITED. *Vzduchový filtr, zejména pro spalovací motory* [online]. Birmingham (Velká Británie). [cit. 2012-09-02]. Dostupné z: <http://spisy.upv.cz/Patents/FirstPages/FPPV0034/0034212.pdf>

[19] ŽELEZNÝ, Antonín. *Vzduchový filtr* [online]. Česká republika. [cit. 2012-09-12]. Dostupné z: <http://spisy.upv.cz/Patents/FirstPages/FPPV0069/0069865.pdf>

[20] PRESSLER, Hans. *Mokrý vzduchový filtr pro čištění vzduchu a plynů od tuhých přímíšenin, zejména pro spalovací motory* [online]. Waidhofen (Rakousko). [cit. 2012-09-03]. Dostupné z: <http://spisy.upv.cz/Patents/FirstPages/FPPV0140/0140968.pdf>

[21] PETRUS, Steeve. *Clamp for air filter hose* [online]. Ohio (U.S.A.). [cit. 2012-09-05]. Dostupné z: http://spisy.upv.cz/Patents/advanced&locale=cz_CZ&PD=19730507&DB.pdf

[22] BROWNELL, Peter. *Air filter* [online]. U.S.A. [cit. 2012-09-06]. Dostupné z: http://worldwide.espacenet.com/advancedSearch?locale=cz_CZ

[23] LINGLE, Thomas. *Automotive air filter construction* [online]. U.S.A. [cit. 2012-09-08]. Dostupné z: http://worldwide.espacenet.com/publicationdetails/biblio?DB=EPODOC&II=5&ND=3&adjacent=true&locale=cz_CZ&FT=D&date=19910709&CC=US&NR=5030256A&KC=A

[24] KNECHT FILTERWERKE GMBH. *Ansaugluftfilter für insbesondere Kraftfahrzeuge*. [online]. Stuttgart (Německo). [cit. 2012-09-06]. Dostupné z: http://worldwide.espacenet.com/advancedSearch?locale=cz_CZ

[25] HEINZ, Andress. FILTERWERK MANN+HUMMEL GMBH. *Vzduchový filtr* [online]. Německo. [cit. 2012-09-12]. Dostupné z: <http://isdv.upv.cz/portal/pls/portal/portlets.pta.detail>

[26] MÜLLER, Heinz. FILTERWERK MANN+HUMMEL GMBH. *Vzduchový filtr* [online]. Německo. [cit. 2012-09-14]. Dostupné z: <http://isdv.upv.cz/portal/pls/portal/portlets.pta.detail>

[27] MÖSSINGER, Klaus. FILTERWERK MANN+HUMMEL GMBH. *Vzduchový filtr, zejména pro čištění spalovacího vzduchu pro spalovací motory* [online]. Ludwigsburg (Německo). [cit. 2012-09-15]. Dostupné z: <http://www.upv.cz/cs/sluzby-uradu/databaze-on-line/databaze-patentu-a-uzitnych-vzoru/narodni-databaze.html>

[28] HOLLINGSWORTH, Anthony, Oliver STAUDENMAYER, Ralph BERKEMANN. *Vzduchový filtr* [online]. Německo. [cit. 2012-09-15]. Dostupné z: <http://isdv.upv.cz/portal/pls/portal/portlets.pta.detail>

- [29] HEINZ, Andress, Helmut LUKA, Gerhard MAYER. FILTERWERK MANN+HUMMEL GMBH. *Vzduchový filtr, filtrační vložka a pouzdro filtru* [online]. Ludwigsburg (Německo) [cit. 2012-09-30]. Dostupné z: <http://isdv.upv.cz/portal/pls/portal/portlets.pta.detail>
- [30] GRAEFENSTEIN, Andreas. FILTERWERK MANN+HUMMEL GMBH. *Kombinovaný rezonátor a vzduchový filtr* [online]. Ludwigsburg (Německo). [cit. 2012-10-02]. Dostupné z: <http://isdv.upv.cz/portal/pls/portal/portlets.pta.detail>
- [31] WOLKMER, Daniel. FILTERWERK MANN+HUMMEL GMBH. *Filtrační element pro vzduchový filtr* [online]. Ludwigsburg (Německo). [cit. 2012-10-02]. Dostupné z: <http://isdv.upv.cz/portal/pls/portal/portlets.pta.detail>
- [32] GERMANN, Mark. *Method of assembling an automotive air filter* [online]. Pittsburgh (U.S.A.). [cit. 2012-10-02]. Dostupné z: <http://www.faqs.org/patents/app/20080209871>
- [33] SWEETLAND, Ernest. *Automotive engine oil filter* [online]. Canada. [cit. 2012-10-05]. Dostupné z: http://worldwide.espacenet.com/searchResults?compact=false&ST=advanced&locale=cz_CZ&DB=EPODOC&AP=233655D
- [34] SWEETLAND, Ernest. *Oil filter* [online]. Canada. [cit. 2013-03-20]. Dostupné z: http://worldwide.espacenet.com/searchResults?compact=false&ST=advanced&TI=majora s+para&locale=cz_CZ&DB=EPODOC
- [35] KÖRBLER, Vladimír. *Regenerační olejový filtr, zejména pro motorová vozidla*. [online]. Brno (Česká republika). [cit. 2012-10-09]. Dostupné z: <http://isdv.upv.cz/portal/pls/portal/portlets.pta.vysledek>
- [36] KÖRBLER, Vladimír. *Regenerační olejový filtr, zejména pro motorová vozidla*. [online]. Brno (Česká republika). [cit. 2012-10-10]. Dostupné z: <http://isdv.upv.cz/portal/pls/portal/portlets.pta.detail>
- [37] NORDSTROM, Ingemar. *Oil filter, particularly for automotive vehicles* [online]. U.S.A. [cit. 2012-10-30]. Dostupné z: http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=5&ND=3&adjacent=true&locale=cz_CZ&FT=D&date=19680227&CC=US&NR=3370707A&KC=A

[38] RUSSO, Joseph. *Olejový filtr* [online]. Philadelphia (U.S.A.). [cit. 2012-11-15]. Dostupné z: <http://isdv.upv.cz/portal/pls/portal/portlets.pta.detail>

[39] HEBERT, Alfred. *Oil filter* [online]. U.S.A. [cit. 2012-09-14]. Dostupné z: http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=23&ND=3&adjacent=true&locale=cz_CZ&FT=D&date=19850226&CC=US&NR=4501660A&KC=A

[40] HÄRLE, Hans. SCHWÄBISCHE HÜTTENWERKE GMBH. *Material für filter* [online]. Německo. [cit. 2013-01-21]. Dostupné z: http://worldwide.espacenet.com/advancedSearch?locale=cz_CZ

[41] LEFEBVRE, Byron. T/F PURIFINER INC. *Olejový filtr pro motory, způsob výroby olejového filtru a materiál pro postupné uvolňování látky rozpouštěním v oleji* [online]. Lauderdale (U.S.A.). [cit. 2013-01-29]. Dostupné z: <http://isdv.upv.cz/portal/pls/portal/portlets.pta.vysledek>

[42] SZUMERA, James. *Automotive oil filter housing* [online]. Denison (U.S.A.) [cit. 2013-01-27]. Dostupné z: http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=0&ND=3&adjacent=true&locale=cz_CZ&FT=D&date=20010710&CC=US&NR=6257417B1&KC=B1

[43] MONROY, Francisco. *Mejoras para filtros de aceite y combustible para motores automotrices y maquinaria en general no desechables* [online]. Mexiko [cit. 2013-02-21]. Dostupné z: http://worldwide.espacenet.com/searchResults?compact=false&ST=advanced&TI=mejoras+para&locale=cz_CZ&DB=EPODOC

[44] K&N AUTOMOBILOVÉ FILTRY. [online]. Česká republika [cit. 2013-01-14]. Dostupné z: <http://www.knfilters.cz//default.htm>

[45] JIRSÁK, Oldřich. David LUKÁŠ, Filip SENETRŇÍK, Lenka MARTINOVÁ, Jiří CHALOUPEK, Jana RŮŽIČKOVÁ, Eva KOŠŤÁKOVÁ a Jakub HRŮZA. *Výroba a vlastnosti nanovláken* [online]. Česká republika [cit. 2013-03-16]. Dostupné z: <http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved>

[46] PALAS. [online]. Německo [cit. 2013-03-19]. Dostupné z: <http://www.palas.de/en/product/mfp>

[47] MANN-FILTER [online]. Česká republika [cit. 2013-03-01]. Dostupné z: <https://www.mannhummel.com/onlinecatalog/EU/cze/vehicle/MANNFILTER%20Katalog%20Europa/Vozidla/osobn%C3%AD%20a%20u%C5%BEitkov%C3%A9%20vozy/SKODA/Octavia%20II/1.9%20TDI>

[48] *Ceník nanovlákných vrstev* NANOVIKA S.R.O. Interní sdělení [cit. 2013-03-10].

[49] FILTRY PEVNÝCH ČÁSTIC [online]. Česká republika [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: <http://www.filtrypevnychcastic.cz//20%/>

[50] BROWN, Richard. *The use of electrically charged in air filters*. Canterbury, 1988. ISBN 00-805-1425-2.

[51] TEX – TECH INDUSTRIES. *Woven and non – woven filtration*. [online]. Portland (U.S.A.) [cit. 2013-4-09]. Dostupné z: <http://www.textechindustries.com/products-page.html?p=4>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - filtrační média v automobilech [zdroj: 13].....	15
Obrázek 2 - schematické zobrazení filtrace [zdroj: 1].....	16
Obrázek 3 - dělení filtrace dle velikosti filtrovaných částic [zdroj: 1]	17
Obrázek 4 - plošná filtrace [zdroj: 1].....	18
Obrázek 5 - hloubková filtrace [zdroj: 1].....	18
Obrázek 6 – skládaný filtr [zdroj: 2].....	22
Obrázek 7 - kapsový filtr [zdroj: 2].....	22
Obrázek 8 - schéma palivového filtru [zdroj: 6].....	24
Obrázek 9 - palivový filtr dle patentu č. 260 971 [zdroj: 7]	25
Obrázek 10 - palivový filtr dle patentu č. 1 278 473 [zdroj: 8].....	26
Obrázek 11 - umístění kabinového filtru v automobilu [zdroj: 2]	28
Obrázek 12 - kabinový filtr dle patentu č. 280 970 [zdroj: 14]	29
Obrázek 13 - nečistoty zachytávané filtry s aktivním uhlím [zdroj: 11]	31
Obrázek 14 - vzduchový filtr dle patentu č. 34 212 [zdroj:18].....	33
Obrázek 15 - vzduchový filtr dle patentu č. 69 865 [zdroj:19].....	34
Obrázek 16 - vzduchový filtr dle patentu č. 3 860 273 [zdroj: 21].....	35
Obrázek 17 - vrstvy filtračního média dle patentu č. 300 179 [zdroj: 28].....	39
Obrázek 18 - vzduchový filtr dle patentu č. 1 813 341 [zdroj: 31].....	40
Obrázek 19 - vzduchový filtr dle patentu č. US 2008/0 209 871 [zdroj: 32]	41
Obrázek 20 - airbox určený pro odloučení náletových částic [zdroj: 13]	43
Obrázek 21 - materiálové složení vzduchového filtru [zdroj: 13]	44
Obrázek 22 - plastový airbox [zdroj: 44].....	46
Obrázek 23 - otevřený vzduchový filtr [zdroj: 44]	47
Obrázek 24 - schematické zobrazení olejového filtru [zdroj: 5].....	48
Obrázek 25 - olejový filtr dle patentu č. 78 118 [zdroj: 35].....	50
Obrázek 26 - olejový filtr dle patentu č. 4 501 660 [zdroj: 39]	52
Obrázek 27 - olejový filtr dle patentu č. 3 008 504 [zdroj: 43]	54
Obrázek 28 - schematické zobrazení filtru pevných částic [zdroj: 49]	57
Obrázek 29 - stupně opotřebení motorů [zdroj: 13]	59
Obrázek 30 - elektrostatické zvlákňování [zdroj: 45]	60
Obrázek 31 - technologie výroby nanospider [zdroj: 45].....	61
Obrázek 32 - měřící zařízení Palas MFP 1000 HEPA [zdroj: 46]	63
Obrázek 33 – vzorek č. 1 [zdroj: vlastní].....	65
Obrázek 34 – vzorek č. 2 [zdroj: vlastní].....	66
Obrázek 35 – vzorek č. 3 [zdroj: vlastní].....	66

Obrázek 36 – vzorek č. 4 [zdroj: vlastní].....	67
Obrázek 37 – schematické zobrazení inovace č. 1 [zdroj: vlastní].....	72
Obrázek 38 - schematické zobrazení inovace č. 2 [zdroj: vlastní].....	73
Obrázek 39 - schematické zobrazení inovace č. 2 [zdroj: vlastní].....	73
Obrázek 40 - schematické zobrazení inovace č. 3 [zdroj: vlastní].....	75
Obrázek 41 - výrobní zařízení se zvlákňovacími hlavice [zdroj: vlastní]	82
Obrázek 42 - doplnění NT s rastrem o krycí NT [zdroj: vlastní]	82

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 - efektivita zachytu vzorku č. 1 [zdroj: vlastní].....	68
Graf 2 - efektivita zachytu vzorku č. 2 [zdroj: vlastní].....	69
Graf 3 - efektivita zachytu vzorku č. 3 [zdroj: vlastní].....	70
Graf 4 - efektivita zachytu vzorku č. 4 [zdroj: vlastní].....	70
Graf 5 - efektivita zachytu vzorku č. 3 s nanovláknennou vrstvou o plošné hmotnosti 0,6 g/m ² [zdroj: vlastní].....	74
Graf 6 - efektivita zachytu vzorku č. 3 s nanovláknennou vrstvou o plošné hmotnosti 1,6 g/m ² [zdroj: vlastní].....	76
Graf 7 - porovnání efektivity původního vzorku oproti inovovaným vzorkům [zdroj: vlastní]	77

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - přehled typů otevřených vzduchových filtrů [zdroj: 44].....	47
Tabulka 2 - maximální přípustné hodnoty vypouštěné do ovzduší dle euronorem [zdroj: 49].....	56
Tabulka 3 – souhrnná tabulka zkoumaných vzorků [zdroj: vlastní]	71
Tabulka 4 - cenová kalkulace původních vzorků na vůz Škoda Octavia II [zdroj: 13,47].....	78
Tabulka 5- cenová kalkulace inovovaných vzorků na vůz Škoda Octavia II [zdroj:48].....	79

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – naměřené a dopočtené hodnoty vzorku č. 1.....	95
Příloha č. 2 - naměřené a dopočtené hodnoty vzorku č. 2	96
Příloha č. 3 - naměřené a dopočtené hodnoty vzorku č. 3	97
Příloha č. 4 - naměřené a dopočtené hodnoty vzorku č. 4	98
Příloha č. 5 - naměřené a dopočtené hodnoty inovovaného vzorku – sendvičová konstrukce.....	99
Příloha č. 6 - naměřené a dopočtené hodnoty inovovaného vzorku 0,6 g/m ²	100
Příloha č. 7 - naměřené a dopočtené hodnoty inovovaného vzorku 1,6 g/m ²	101

Příloha č. 1 – naměřené a dopočtené hodnoty vzorku č. 1

X [μm]	E [%]	E [%]	E [%]	průměr	směr. odch	var.koef.
0,12	20,53	17,21	15,75	17,83	2,00	11,20
0,129	19,51	16,16	13,58	16,42	2,42	14,77
0,138	18,72	16,40	13,36	16,16	2,20	13,58
0,149	14,06	14,62	12,56	13,75	0,87	6,32
0,16	11,63	12,11	8,78	10,84	1,47	13,54
0,172	10,27	12,43	7,00	9,90	2,23	22,57
0,184	10,65	11,69	5,04	9,12	2,92	32,01
0,198	7,52	8,28	3,35	6,38	2,17	33,97
0,213	9,61	6,73	3,74	6,69	2,40	35,80
0,229	12,85	5,63	6,24	8,24	3,27	39,68
0,246	12,58	5,83	6,08	8,16	3,12	38,26
0,264	8,70	4,64	9,26	7,54	2,06	27,32
0,284	7,02	9,43	11,42	9,29	1,80	19,35
0,305	6,92	9,66	12,92	9,83	2,45	24,91
0,328	4,59	10,05	13,12	9,25	3,53	38,14
0,352	6,30	11,75	12,56	10,20	2,78	27,26
0,379	7,27	11,00	12,19	10,15	2,10	20,64
0,407	11,89	6,36	9,00	9,09	2,26	24,87
0,437	10,96	8,59	9,12	9,56	1,02	10,63
0,47	10,15	9,48	8,45	9,36	0,70	7,49
0,505	9,74	11,42	8,95	10,04	1,03	10,27
0,543	14,71	11,21	7,55	11,16	2,92	26,19
0,583	14,09	15,48	12,74	14,10	1,12	7,92
0,627	18,52	18,97	10,84	16,11	3,73	23,14
0,674	16,36	16,44	15,22	16,01	0,56	3,47
0,724	20,55	19,02	17,05	18,88	1,43	7,57
0,778	19,28	21,78	20,74	20,60	1,02	4,97
0,836	22,65	20,48	19,93	21,02	1,18	5,59
0,898	24,71	25,82	25,18	25,24	0,46	1,81
0,965	34,91	28,48	29,56	30,98	2,81	9,07
1,037	31,16	28,41	30,84	30,14	1,23	4,06
1,115	26,61	23,78	31,92	27,44	3,37	12,29
1,198	26,08	25,18	30,47	27,24	2,31	8,49
1,287	25,23	28,21	33,49	28,98	3,41	11,78
1,383	25,21	25,64	26,50	25,78	0,54	2,09
1,486	28,54	29,59	33,69	30,60	2,22	7,26
1,597	38,29	31,79	42,49	37,52	4,40	11,72
1,717	50,47	47,52	43,35	47,11	2,92	6,20
1,845	34,16	35,18	32,55	33,96	1,08	3,19
1,982	44,96	43,70	46,87	45,18	1,31	2,89
2,13	52,34	52,89	54,48	53,23	0,91	1,70
2,289	56,24	54,24	56,00	55,49	0,89	1,61
2,46	58,67	54,01	55,63	56,10	1,93	3,44
2,643	61,24	60,79	62,03	61,35	0,52	0,84
2,841	59,65	63,48	65,14	62,76	2,30	3,66
3,053	61,79	66,45	62,40	63,55	2,07	3,26

Příloha č. 2 - naměřené a dopočtené hodnoty vzorku č. 2

X [μm]	E [%]	E [%]	E [%]	průměr	směr. odch	var.koef.
0,12	17,05	11,76	11,49	13,43	2,56	19,04
0,129	17,45	13,50	10,08	13,68	3,01	22,01
0,138	15,46	12,44	9,43	12,44	2,46	19,79
0,149	13,18	12,62	7,09	10,96	2,75	25,07
0,16	11,90	10,23	7,33	9,82	1,89	19,24
0,172	9,32	12,47	5,92	9,24	2,68	28,96
0,184	8,10	10,00	6,12	8,07	1,59	19,64
0,198	6,52	10,14	6,81	7,83	1,64	20,94
0,213	4,88	7,86	6,38	6,37	1,22	19,10
0,229	4,67	8,51	4,12	5,77	1,95	33,88
0,246	6,27	10,00	3,68	6,65	2,59	38,99
0,264	6,74	9,56	3,82	6,71	2,34	34,92
0,284	8,12	9,96	3,37	7,15	2,78	38,88
0,305	9,94	11,64	4,04	8,54	3,26	38,15
0,328	10,54	11,75	3,07	8,45	3,84	45,40
0,352	8,24	10,75	3,42	7,47	3,04	40,69
0,379	9,07	12,54	4,03	8,55	3,49	40,89
0,407	10,84	17,94	8,45	12,41	4,03	32,46
0,437	9,54	17,20	7,54	11,43	4,16	36,43
0,47	10,42	15,30	5,35	10,36	4,06	39,22
0,505	10,13	10,19	3,90	8,07	2,95	36,54
0,543	11,31	9,01	7,60	9,31	1,53	16,46
0,583	5,86	4,34	8,27	6,16	1,62	26,30
0,627	8,73	1,34	9,79	6,62	3,76	56,74
0,674	15,73	8,54	18,91	14,39	4,34	30,13
0,724	13,98	10,29	19,74	14,67	3,89	26,51
0,778	18,85	11,84	18,38	16,36	3,20	19,55
0,836	18,62	11,22	14,43	14,76	3,03	20,53
0,898	13,73	10,40	12,45	12,19	1,37	11,25
0,965	12,79	15,68	10,04	12,84	2,30	17,93
1,037	20,51	22,26	13,64	18,80	3,72	19,79
1,115	22,87	27,75	18,35	22,99	3,84	16,70
1,198	30,48	22,47	25,35	26,10	3,31	12,68
1,287	31,52	23,97	30,87	28,79	3,42	11,87
1,383	17,21	25,28	21,86	21,45	3,31	15,41
1,486	19,14	29,12	24,07	24,11	4,07	16,88
1,597	20,84	30,74	27,23	26,27	4,10	15,60
1,717	26,35	35,02	30,59	30,65	3,54	11,56
1,845	34,78	38,68	38,02	37,16	1,71	4,59
1,982	37,48	33,91	40,36	37,25	2,64	7,08
2,13	40,23	33,25	33,25	35,57	3,29	9,26
2,289	37,15	36,44	35,08	36,22	0,86	2,37
2,46	41,24	47,03	37,37	41,88	3,97	9,48
2,643	39,33	42,88	38,23	40,14	1,98	4,94
2,841	41,09	42,58	39,62	41,10	1,21	2,93
3,053	43,86	40,96	43,22	42,68	1,24	2,91

Příloha č. 3 - naměřené a dopočtené hodnoty vzorku č. 3

X [μm]	E [%]	E [%]	E [%]	průměr	směr. odch.	var.koef.
0,12	7,47	9,45	13,77	10,23	2,63	25,74
0,129	5,51	7,11	13,55	8,72	3,48	39,86
0,138	4,52	6,79	11,06	7,46	2,71	36,34
0,149	5,62	5,27	8,89	6,59	1,63	24,71
0,16	3,69	6,40	8,09	6,06	1,81	29,94
0,172	2,78	5,55	7,72	5,35	2,02	37,80
0,184	4,00	6,89	5,24	5,38	1,18	21,99
0,198	5,35	7,42	5,73	6,17	0,90	14,61
0,213	2,98	3,96	2,79	3,24	0,51	15,83
0,229	4,92	4,58	3,92	4,47	0,42	9,30
0,246	3,53	4,24	3,26	3,68	0,41	11,17
0,264	3,94	8,84	5,20	5,99	2,08	34,63
0,284	3,31	7,12	4,37	4,93	1,61	32,63
0,305	5,89	9,95	5,20	7,01	2,10	29,89
0,328	5,15	8,58	7,33	7,02	1,42	20,20
0,352	4,92	2,58	2,92	3,47	1,03	29,72
0,379	4,76	2,41	2,46	3,21	1,10	34,15
0,407	2,53	3,25	4,75	3,51	0,93	26,34
0,437	2,97	3,62	6,41	4,33	1,49	34,48
0,47	2,77	3,37	5,68	3,94	1,26	31,93
0,505	2,83	5,72	3,52	4,02	1,23	30,57
0,543	4,35	10,19	5,07	6,54	2,60	39,78
0,583	5,34	8,66	6,21	6,74	1,40	20,83
0,627	4,02	4,68	6,27	4,99	0,94	18,88
0,674	4,01	9,78	7,03	6,94	2,36	33,94
0,724	5,25	5,87	8,31	6,48	1,32	20,42
0,778	4,43	3,41	4,96	4,27	0,64	15,05
0,836	7,00	6,24	7,75	7,00	0,62	8,81
0,898	4,07	3,86	4,59	4,17	0,31	7,31
0,965	3,93	3,02	5,80	4,25	1,16	27,20
1,037	8,25	6,38	7,01	7,21	0,78	10,75
1,115	10,03	10,25	8,92	9,73	0,58	6,01
1,198	8,21	6,48	6,21	6,97	0,89	12,76
1,287	8,32	9,32	10,84	9,49	1,03	10,90
1,383	10,24	12,02	15,87	12,71	2,35	18,49
1,486	15,32	12,04	11,55	12,97	1,68	12,92
1,597	18,32	17,00	20,22	18,51	1,32	7,14
1,717	14,88	12,99	16,30	14,72	1,36	9,23
1,845	14,60	13,02	16,80	14,81	1,55	10,45
1,982	16,04	12,45	12,04	13,51	1,80	13,29
2,13	13,78	15,46	17,86	15,70	1,68	10,68
2,289	15,01	17,02	20,77	17,60	2,39	13,56
2,46	18,24	17,06	20,52	18,61	1,43	7,70
2,643	17,20	18,35	19,32	18,29	0,87	4,73
2,841	19,57	18,24	20,14	19,32	0,80	4,12
3,053	20,14	19,58	19,65	19,79	0,25	1,25

Příloha č. 4 - naměřené a dopočtené hodnoty vzorku č. 4

X [μm]	E [%]	E [%]	E [%]	průměr	směr. odch.	var.koef.
0,12	68,67	75,34	68,28	70,76	3,24	4,58
0,129	66,14	74,24	63,87	68,08	4,45	6,54
0,138	65,88	72,35	61,08	66,43	4,62	6,95
0,149	62,74	69,54	59,33	63,87	4,25	6,65
0,16	62,43	68,88	61,20	64,17	3,37	5,25
0,172	63,39	69,32	60,87	64,53	3,54	5,49
0,184	64,64	69,36	61,88	65,29	3,09	4,73
0,198	65,69	70,79	61,02	65,83	3,99	6,06
0,213	67,33	72,53	61,25	67,03	4,61	6,88
0,229	69,63	73,23	62,01	68,29	4,68	6,85
0,246	72,47	75,57	66,01	71,35	3,98	5,58
0,264	74,39	76,71	66,97	72,69	4,16	5,72
0,284	76,49	78,70	68,03	74,41	4,60	6,18
0,305	78,24	79,45	69,99	75,90	4,20	5,54
0,328	78,16	81,43	70,75	76,78	4,47	5,82
0,352	79,40	82,33	72,64	78,12	4,06	5,19
0,379	81,36	84,91	73,36	79,88	4,83	6,04
0,407	82,79	86,87	75,01	81,56	4,92	6,03
0,437	85,04	88,69	76,87	83,53	4,94	5,92
0,47	87,46	90,69	80,03	86,06	4,46	5,18
0,505	89,25	92,23	83,00	88,16	3,85	4,36
0,543	91,23	92,32	83,47	89,00	3,94	4,43
0,583	92,45	92,99	83,70	89,71	4,26	4,75
0,627	93,64	93,65	84,02	90,44	4,54	5,02
0,674	93,88	94,40	86,02	91,43	3,83	4,19
0,724	94,17	94,19	85,06	91,14	4,30	4,72
0,778	94,74	95,79	86,50	92,34	4,15	4,50
0,836	95,45	96,50	89,55	93,83	3,06	3,26
0,898	95,84	97,43	91,09	94,79	2,69	2,84
0,965	97,54	97,99	93,14	96,22	2,19	2,27
1,037	98,60	99,35	93,81	97,25	2,45	2,52
1,115	99,20	99,72	94,89	97,94	2,16	2,21
1,198	99,72	100,00	96,97	98,90	1,37	1,38
1,287	100,00	100,00	98,54	99,51	0,69	0,69
1,383	100,00	100,00	99,44	99,81	0,27	0,27
1,486	99,19	100,00	99,44	99,54	0,34	0,34
1,597	98,63	100,00	99,44	99,35	0,56	0,57
1,717	95,39	100,00	100,00	98,46	2,17	2,21
1,845	95,39	100,00	100,00	98,46	2,17	2,21
1,982	95,39	100,00	100,00	98,46	2,17	2,21
2,13	96,20	100,00	100,00	98,73	1,79	1,82
2,289	96,76	100,00	100,00	98,92	1,53	1,54
2,46	97,00	100,00	100,00	99,00	1,42	1,43
2,643	97,23	100,00	100,00	99,08	1,30	1,32
2,841	97,88	100,00	100,00	99,29	1,00	1,01
3,053	98,62	100,00	100,00	99,54	0,65	0,65

Příloha č. 5 - naměřené a dopočtené hodnoty inovovaného vzorku – sendvičová konstrukce

X [μm]	E [%]	E [%]	E [%]	průměr	směr. odch.	var.koef.
0,12	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,129	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,138	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,149	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,16	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,172	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,184	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,198	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,213	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,229	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,246	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,264	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,284	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,305	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,328	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,352	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,379	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,407	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,437	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,47	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,505	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,543	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,583	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,627	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,674	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,724	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,778	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,836	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,898	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
0,965	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1,037	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1,115	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1,198	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1,287	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1,383	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1,486	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1,597	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1,717	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1,845	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
1,982	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2,13	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2,289	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2,46	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2,643	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
2,841	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00
3,053	100,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00

Příloha č. 6 - naměřené a dopočtené hodnoty inovovaného vzorku 0,6 g/m²

X [μm]	E [%]	E [%]	E [%]	průměr	směr. odch.	var.koef.
0,12	43,88	39,91	41,27	40,59	1,65	4,07
0,129	40,30	36,87	38,00	37,43	1,43	3,81
0,138	36,82	36,10	35,13	35,62	0,69	1,94
0,149	28,71	29,82	25,99	27,90	1,61	5,78
0,16	25,01	25,19	21,53	23,36	1,68	7,21
0,172	23,79	22,98	20,36	21,67	1,46	6,76
0,184	21,76	22,02	19,21	20,62	1,27	6,14
0,198	22,20	20,94	16,39	18,67	2,50	13,37
0,213	22,95	23,06	18,06	20,56	2,33	11,33
0,229	22,99	25,51	19,39	22,45	2,51	11,19
0,246	24,32	27,83	22,01	24,92	2,39	9,59
0,264	27,47	32,64	21,52	27,08	4,54	16,78
0,284	27,11	33,01	27,18	30,10	2,77	9,19
0,305	32,00	35,90	30,51	33,21	2,27	6,85
0,328	32,29	39,51	33,54	36,53	3,15	8,62
0,352	35,88	41,62	36,35	38,99	2,60	6,68
0,379	37,39	41,53	34,21	37,87	2,99	7,91
0,407	40,40	40,77	33,41	37,09	3,39	9,13
0,437	40,56	40,85	33,63	37,24	3,34	8,96
0,47	43,82	39,08	37,55	38,32	2,67	6,96
0,505	44,64	41,19	38,06	39,62	2,68	6,78
0,543	48,73	43,96	41,44	42,70	3,03	7,09
0,583	51,11	48,49	44,68	46,58	2,64	5,67
0,627	53,99	53,31	50,08	51,70	1,71	3,30
0,674	59,59	60,88	55,62	58,25	2,24	3,84
0,724	62,97	63,52	59,68	61,60	1,69	2,75
0,778	63,11	66,08	62,83	64,45	1,47	2,28
0,836	67,38	68,35	65,94	67,14	0,99	1,47
0,898	69,03	72,07	69,80	70,94	1,29	1,82
0,965	64,93	72,59	67,37	69,98	3,20	4,57
1,037	64,40	74,79	69,22	72,00	4,25	5,90
1,115	66,76	76,28	70,13	73,21	3,94	5,39
1,198	70,30	78,99	72,31	75,65	3,71	4,91
1,287	75,74	78,96	74,36	76,66	1,93	2,52
1,383	82,82	85,53	78,32	81,92	2,97	3,63
1,486	89,71	89,04	82,32	85,68	3,34	3,90
1,597	94,56	91,53	86,24	88,89	3,44	3,87
1,717	96,70	94,10	88,03	91,06	3,63	3,99
1,845	98,18	96,36	92,04	94,20	2,57	2,73
1,982	100,00	97,92	96,33	97,13	1,50	1,55
2,13	100,00	98,02	96,02	97,02	1,62	1,67
2,289	100,00	98,42	97,00	97,71	1,23	1,25
2,46	100,00	98,69	97,55	98,12	1,00	1,02
2,643	100,00	98,93	98,20	98,56	0,74	0,75
2,841	100,00	99,05	98,66	98,85	0,56	0,57
3,053	100,00	99,28	99,00	99,14	0,42	0,42

Příloha č. 7 - naměřené a dopočtené hodnoty inovovaného vzorku 1,6 g/m²

X [μm]	E [%]	E [%]	E [%]	průměr	směr. odch.	var.koef.
0,12	99,94	99,93	99,92	99,9	0,01	0,01
0,129	99,94	99,93	99,92	99,9	0,01	0,01
0,138	99,94	99,93	99,92	99,9	0,01	0,01
0,149	99,94	99,94	99,92	99,9	0,01	0,01
0,16	99,95	99,95	99,93	99,9	0,01	0,01
0,172	99,96	99,96	99,95	100,0	0,00	0,00
0,184	99,97	99,97	99,96	100,0	0,00	0,00
0,198	99,98	99,98	99,97	100,0	0,00	0,00
0,213	99,99	99,99	99,98	100,0	0,00	0,00
0,229	99,99	99,99	99,99	100,0	0,00	0,00
0,246	100,00	99,99	99,99	100,0	0,00	0,00
0,264	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
0,284	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
0,305	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
0,328	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
0,352	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
0,379	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
0,407	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
0,437	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
0,47	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
0,505	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
0,543	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
0,583	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
0,627	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
0,674	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
0,724	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
0,778	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
0,836	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
0,898	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
0,965	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
1,037	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
1,115	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
1,198	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
1,287	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
1,383	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
1,486	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
1,597	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
1,717	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
1,845	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
1,982	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
2,13	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
2,289	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
2,46	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
2,643	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
2,841	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00
3,053	100,00	100,00	100,00	100,0	0,00	0,00

